

# **Ergebnisse einer weltweiten Umfrage zum perioperativen Management der Pulmonalis-Endarterektomie**

Inauguraldissertation  
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin  
des Fachbereichs Medizin  
der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von Striegl, Natalie  
aus Nürnberg

Gießen 2017

Aus der Klinik für Anästhesiologie, operative Intensivmedizin und  
Schmerztherapie der Justus-Liebig-Universität Gießen  
(Direktor: Prof. Dr. med. M. Sander)

Gutachter: Prof. Dr. med. Matthias Wolff  
Gutachter: Prof. Dr. med. Markus K.-H. Schönburg

Tag der Disputation: 25.10.2017

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>Seite</b>
<b>1 EINLEITUNG</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Chronisch thromboembolische pulmonale Hypertonie</b>	<b>1</b>
1.1.1 Ätiologie und Epidemiologie	3
1.1.2 Pathophysiologie und Pathogenese	4
1.1.3 Klinische Symptome und Diagnose	5
1.1.4 Erfassung des Schweregrades	6
1.1.5 Therapiemöglichkeiten	7
<b>1.2 Pulmonalis-Endarterektomie</b>	<b>10</b>
1.2.1 Operationsindikationen und Auswahl der Patienten	11
1.2.2 Operationstechnik	12
1.2.3 Outcome der Operation	13
1.2.4 Peri- und postoperative Komplikationen	16
1.2.5 Anästhesiologische Aspekte	17
1.2.5.1 Beatungsmanagement	17
1.2.5.2 Hämotherapie	19
1.2.6 Intensivmedizinische Aspekte	20
1.2.6.1 Beatungsmanagement	20
1.2.6.2 Volumen- und Hämotherapie	21
1.2.6.3 Komplikationsmanagement	23
<b>1.3 Onlinebefragung</b>	<b>26</b>
<b>1.4 Ziel der Arbeit</b>	<b>28</b>
<b>2 MATERIAL UND METHODEN</b>	<b>29</b>
<b>2.1 Beschreibung des Messinstruments</b>	<b>29</b>
<b>2.2 Entwicklung der Fragebögen</b>	<b>31</b>
<b>2.3 Auswahl der teilnehmenden Kliniken und praktische Durchführung der Onlinebefragung</b>	<b>31</b>
<b>2.4 Auswahl der in der vorliegenden Arbeit enthaltenen Daten</b>	<b>33</b>
<b>2.5 Datenauswertung und statistische Methoden</b>	<b>35</b>
<b>3 ERGEBNISSE</b>	<b>37</b>
<b>3.1 Rücklaufquote sowie Patienten- und Klinikkollektiv</b>	<b>37</b>
3.1.1 Rücklaufquote	37
3.1.2 Patienten- und Klinikkollektiv	38
<b>3.2 Anästhesiologische Aspekte</b>	<b>41</b>
3.2.1 Beatungsmanagement	41
3.2.2 Hämotherapie	42
3.2.3 Bedarf für weitere Forschung	43
<b>3.3 Intensivmedizinische Aspekte</b>	<b>45</b>
3.3.1 Beatungsmanagement	45
3.3.2 Volumen- und Hämotherapie	47
3.3.3 Inzidenz von Komplikationen	48
3.3.4 Bedarf für weitere Forschung	50

<b>4</b>	<b>DISKUSSION</b>	<b>51</b>
4.1	Methodenkritik	51
4.1.1	Auswahl der Stichprobe	51
4.1.2	Rücklaufquote	52
4.1.3	Messinstrument „Onlineumfrage“	53
4.1.4	Statistische Methoden	54
4.2	Allgemeine und epidemiologische Aspekte	55
4.3	Anästhesiologische Aspekte	58
4.3.1	Beatungsmanagement	59
4.3.2	Hämotherapie	61
4.3.3	Bedarf für weitere Forschung	64
4.4	Intensivmedizinische Aspekte	67
4.4.1	Beatungsmanagement	67
4.4.2	Volumen- und Hämotherapie	69
4.4.3	Inzidenz von Komplikationen	73
4.4.4	Bedarf für weitere Forschung	75
<b>5</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>78</b>
<b>6</b>	<b>SUMMARY</b>	<b>79</b>
<b>7</b>	<b>ABKÜRZUNGS-, ABBILDUNGS-, TABELLENVERZEICHNIS</b>	<b>80</b>
7.1	Abkürzungsverzeichnis	80
7.2	Abbildungsverzeichnis	82
7.3	Tabellenverzeichnis	82
<b>8</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>83</b>
<b>9</b>	<b>ANHANG</b>	<b>97</b>
9.1	Anschreiben an die PEA-Zentren	97
9.2	Festgelegte Seiten aller Fragebögen	99
9.3	Allgemeiner Fragebogen	100
9.4	Anästhesie I-Fragebogen	106
9.5	Anästhesie II-Fragebogen	123
9.6	Intensiv I-Fragebogen	125
9.7	Intensiv II-Fragebogen	143
9.8	Perfusion I-Fragebogen	146
9.9	Perfusion II-Fragebogen	151
<b>10</b>	<b>PUBLIKATIONSVERZEICHNIS</b>	<b>153</b>
<b>11</b>	<b>EHRENWÖRTLICHE ERKLÄRUNG</b>	<b>154</b>
<b>12</b>	<b>DANKSAGUNG</b>	<b>155</b>

## 1 Einleitung

Die chronisch thromboembolisch pulmonale Hypertonie (CTEPH) ist eine Erkrankung, die mit signifikanter Morbidität und Mortalität assoziiert ist (Shenoy et al. 2014). Obwohl unterdiagnostiziert, ist ein Anstieg von mit CTEPH diagnostizierten Patienten in den letzten Jahren zu verzeichnen (Thistlethwaite et al. 2008, de Perrot et al. 2011). Als Therapieoptionen stehen neben der Pulmonalis-Endarterektomie nicht-operative Behandlungsmethoden wie die medikamentöse Therapie mit dem Guanylatzyklasestimulator Riociguat und die interventionelle Therapie durch die perkutane pulmonale Ballonangioplastie zur Verfügung (Kim et al. 2013, Hoeper 2014). Obgleich in den letzten Jahren eine fortschreitende Entwicklung zu allen Teilbereichen verzeichnet werden konnte, hat sich die Pulmonalis-Endarterektomie als einzig kurativer Therapieansatz seit dem Ende des 20. Jahrhunderts etabliert (Galiè et al. 2009). Diese stellt mit zunehmender Erfahrung der spezialisierten Zentren und Mortalitätsraten von mittlerweile 4,7% bis 2,2%, sowie guten Langzeitergebnissen die Therapie der Wahl bei operabler CTEPH dar (Mayer et al. 2011, Madani et al. 2012, Delcroix et al. 2016).

Um eine erfolgreiche Operation durchzuführen, ist neben einer bereits standardisierten Operationstechnik und erfahrenen Chirurgen auch ein multidisziplinäres Team (Wittine und Auger 2010), bestehend aus Anästhesisten und Intensivmedizinern, bedeutsam. Da es nach wie vor keinen Konsens bezüglich eines standardisierten perioperativen Vorgehens gibt (Keogh et al. 2009) und in den letzten Jahren viele kleine Zentren mit einem PEA-Programm begonnen haben (Sadeghi et al. 2010, Gu et al. 2010, Maliyasena et al. 2012, Leung Wai Sang et al. 2016), erscheint es daher bedeutsam, Gemeinsamkeiten und Kontroversen in der derzeitigen Praxis aufzuzeigen, um eine Standardisierung zu ermöglichen und eine Basis für zukünftige Studien zu schaffen.

### 1.1 Chronisch thromboembolische pulmonale Hypertonie

Die CTEPH kann durch eine hämodynamische und klinische Klassifikation definiert werden.

In der klinischen WHO-Klassifikation gehört die CTEPH der Untergruppe IV der pulmonalen Hypertonien (PH) an (siehe Tabelle 1). Seit der Dana Point Konsensuskonferenz von 2008 wird die CTEPH zudem nicht mehr in eine proximale und distale Form eingeteilt (Simonneau et al. 2009).

	Definition
<b>1</b>	Pulmonal-arterielle Hypertonie (PAH)
<b>1'</b>	Pumonale veno-okklusive Erkrankung und / oder pulmonal-kapilläre Hämangiomatose
<b>2</b>	Pulmonale Hypertonie durch Erkrankungen des linken Herzens
<b>3</b>	Pulmonale Hypertonie durch Lungenerkrankung und / oder Hypoxämie
<b>4</b>	Chronisch thromboembolisch pulmonale Hypertonie (CTEPH)
<b>5</b>	Pulmonale Hypertonie mit unbekannten und / oder multifaktoriellen Mechanismen

**Tabelle 1: WHO-Einteilung der pulmonalen Hypertonien nach Dana Point 2008 (adaptiert übernommen von Galiè et al. 2009)**

Die hämodynamische Klassifikation der CTEPH wird seit 2009 durch die europäische Leitlinie zur Diagnose und Behandlung der pulmonalen Hypertonie definiert (Galiè et al. 2009, Wilkens et al. 2011) und wurde sowohl 2013 am vierten, weltweiten Kongress zur pulmonalen Hypertonie in Dana Point (Hoepfer et al. 2013), als auch in der aktuellen Leitlinie „Diagnostik und Therapie der pulmonalen Hypertonie“ der europäischen Gesellschaft für Kardiologie (Opitz et al. 2016) bestätigt.

Hierbei zählt die CTEPH zur präkapillären pulmonalen Hypertonie mit nachfolgenden Kriterien, die alle mit Hilfe eines Rechtsherzkatheters unter Ruhebedingungen gemessen werden sollten:

- Ein mittlerer pulmonal-arterieller Druck (mPAP)  $\geq 25$  mmHg sowie
- ein pulmonal-arterieller Wedgedruck (PAWP)  $\leq 15$  mmHg sowie
- ein normaler oder reduzierter kardialer Auswurf sowie
- ein pulmonaler Gefäßwiderstand  $> 3$  Wood-Einheiten  

$$[\text{Wood-Einheit} = (\text{mPAP} - \text{PCWP}) / \text{HZV}; \text{PVR} (\text{dyn} \times \text{s} \times \text{cm}^{-5}) = \text{PVR} (\text{Wood-Einheit}) \times 79,9].$$

Diese Kriterien sollten zudem bei Patienten mit multiplen chronischen oder organisierten Thromben bzw. Embolien in den Hauptästen, den Lobärsegmenten oder den Subsegmenten der Pulmonalarterien trotz dreimonatiger effektiver Antikoagulationstherapie zur Anwendung kommen (Galiè et al. 2009, Wilkens et al. 2011, Opitz et al. 2016).

### 1.1.1 Ätiologie und Epidemiologie

Die Inzidenz und Prävalenz der CTEPH sind bis zum heutigen Zeitpunkt ungeklärt (Kim 2016). In mehreren pro- und retrospektiven Arbeiten konnte eine Inzidenz für die CTEPH zwischen 0,4% und 9,1% bis zwei Jahre nach einer vorherigen Lungenembolie ermittelt werden (Pengo et al. 2004, Dentali et al. 2009, Poli et al. 2010, Korkmaz et al. 2012, Kim 2016).

Obwohl die genauen Mechanismen, die zu einer CTEPH führen, noch nicht bekannt sind, wird angenommen, dass die CTEPH durch eine einmalige oder wiederholte pulmonale Embolie verursacht wird (Lang 2010). Analog zu dieser Annahme konnten Lang et al. in einem internationalem prospektiven Register bei 80,2% der CTEPH-Patienten eine vorherige venöse Thrombembolie in der Anamnese ausfindig machen (Lang et al. 2013). Da bei einem kleineren Teil der CTEPH-Patienten jedoch keine vorherige Lungenembolie vorliegt, wurden mehrfach Studien zu weiteren Risikofaktoren für die Entstehung der CTEPH durchgeführt.

Als weitere wichtige Risikofaktoren, die zu einer CTEPH führen, sind zu nennen:

- Alle Blutgruppen außer der Blutgruppe 0
- Antiphospholipid-Antikörper und Lupusantikoagulanz
- Chronische Entzündungserkrankungen
- Erhöhte Werte des Faktors VIII
- Ein infizierter Herzschrittmacher
- Patienten mit Tumoranamnese
- Eine Schilddrüsenhormonsubstitutionstherapie
- Eine Splenektomie
- Ein ventrikuloatrialer Shunt zur Therapie des Hydrocephalus
- Vorherige / Wiederholte venöse Thrombembolie
- Vorheriger großer chirurgischer Eingriff

(Bonderman et al. 2003, Lang 2004, Pengo et al. 2004, Bonderman et al. 2009, Pepke-Zaba et al. 2011, Lang et al. 2013, Morris 2013)

In einigen Studien wird zudem das Alter als Risikofaktor angegeben, jedoch liegen hierzu unterschiedliche Ergebnisse vor (Pengo et al. 2004, Korkmaz et al. 2012, Lang et al. 2013).

### 1.1.2 Pathophysiologie und Pathogenese

Die genaue Ursache und viele Aspekte der Pathogenese der CTEPH sind bis zur heutigen Zeit ungeklärt (Hoeper et al. 2006, Peacock et al. 2006, Morris 2013). Es gibt zwei Hypothesen zur Entstehung der CTEPH: Die embolische und die thrombotische Hypothese (Peacock et al. 2006).

Die embolische Hypothese, die von dem größten Teil der Wissenschaftler vertreten wird, sieht eine einmalige oder wiederholte akute venöse Thrombembolie als initiierenden Faktor für die Entstehung der CTEPH vor dem Hintergrund der multifaktoriellen Genese und eines möglicherweise asymptomatischen Verlaufs der Lungenembolie an (Hoeper et al. 2006, Peacock et al. 2006). Aufgrund einer unvollständigen Auflösung des Thrombus in den betroffenen proximalen Pulmonalarterien kann es durch eine fibröse Obstruktion zu einem erhöhten pulmonal-arteriellen Druck (PAP) und einer hohen Scherbelastung in Arealen des pulmonalen distalen Gefäßbetts, das nicht von dem thrombembolischen Verschluss betroffen ist, führen (Hoeper et al. 2006, Peacock et al. 2006, Lang 2010). Die verengten proximalen Äste der Pulmonalarterien führen daraufhin zu einer Erhöhung des pulmonalvaskulären Widerstands (PVR) und können nachfolgend in eine progressive Rechtsherzbelastung und ein Rechtsherzversagen münden (Hoeper et al. 2006, Humbert 2010, Lang 2010). Zusätzlich können die hohen Scherbelastungen in den distalen Pulmonalarterien eine sekundäre Arteriopathie durch das Remodelling von kleinen Pulmonalgefäßen auslösen (Hoeper et al. 2006, Peacock et al. 2006, Lang 2010).

Die genauen Mechanismen des Gefäßremodellings sind nach wie vor unklar, jedoch scheinen sie durch Infektionen, Immunphänomene, maligne Erkrankungen (Bonderman et al. 2009), hohe Drücke und ein Ungleichgewicht von vasoaktiven Mediatoren beeinflusst zu werden (Hoeper et al. 2006, Lang 2010).

Durch die persistierende pulmonale Hypertonie in den distalen Gefäßen, die sich dabei nicht von der idiopathischen pulmonalen Hypertonie unterscheidet, kann es zu einer Mediahypertrophie und Intimahyperplasie kommen, die wiederum das Gefäßlumen verengen und so zur Steigerung des pulmonal-vaskulären Widerstands führen (Peacock et al. 2006).

Die thrombotische Hypothese besagt, dass eine primäre Arteriopathie und Endotheldysfunktion der Aa. pulmonales zu einer sekundären in situ-Thrombose mit fehlender Thrombusauflösung und damit zur CTEPH führen kann (Egermayer und Peacock 2000, Peacock et al. 2006). Als Begründung für ihre Hypothese geben die



Vertreter dieser Theorie die unmögliche Differenzierbarkeit zwischen einer pulmonalen Embolie und der Thrombose in situ, die häufig bei pulmonalen Hypertonien jeglicher Art vorkommt, an (Peacock et al. 2006). Ebenso sehen sie ihre Hypothese darin bestätigt, dass es bei der CTEPH zu keiner erhöhten Prävalenz von thrombosetypischen hereditären Gerinnungserkrankungen wie Mutationen im Protein C, Protein S, von Antithrombin III und Faktor V (Lang et al. 1996, Wolf et al. 2000) kommt. Auch liegt nur bei bis zu 80,2% der CTEPH-Patienten eine Anamnese für venöse Thrombembolien vor (Bonderman et al. 2009, Pepke-Zaba et al. 2011, Lang et al. 2013).

### 1.1.3 Klinische Symptome und Diagnose

#### *Klinische Symptome*

Die Diagnose der CTEPH ist aufgrund von unspezifischen Symptomen und fehlenden Leitsymptomen oft erschwert und verzögert (Grignola und Domingo 2013). Sie können anderen kardiopulmonalen Erkrankungen ähneln, episodisch und bei Patienten mit vorheriger venöser Thrombembolie mit einer Latenzzeit von Monaten bis Jahren nach stattgefundener Lungenembolie auftreten (Williamson et al. 2002, Hoeper et al. 2006, Grignola et al. 2013).

Zu den Symptomen zählen Müdigkeit, Thoraxschmerzen, rezidivierende Synkopen, Hämoptysen, Schwindel, Ruhe- bzw. Belastungsdyspnoe und Palpitationen (Hoeper et al. 2006, Drömann 2009). Im fortgeschrittenen Stadium kann es zu Symptomen des Rechtsherzversagens und des verminderten kardialen Auswurfes kommen. Hierzu zählen Flüssigkeitsretention mit Ödemen, Jugularvenenstauung, Hepatomegalie, Aszites und eine periphere Zyanose (Williamson et al. 2002).

#### *Diagnose*

Da sich die Symptome der CTEPH nicht von anderen Formen der pulmonalen Hypertonie unterscheiden, sollten alle Patienten mit ungeklärter pulmonaler Hypertonie und zusätzlicher positiver Anamnese bezüglich einer einmaligen oder rezidivierenden Lungenembolie sowie rechtsventrikulärer Dysfunktion auf eine CTEPH untersucht werden (Galiè et al. 2009, Wilkens et al. 2010, Grignola et al. 2013). Ebenfalls wird eine weiterführende Diagnostik auf eine CTEPH bei Patienten mit persistierender Symptomatik nach akuter Lungenembolie und mindestens dreimonatiger Antikoagulation durch die Kölner Konsensuskonferenz empfohlen (Wilkens et al. 2016).

Die Diagnostik der pulmonalen Hypertonie wurde von Hoeper et al. im Jahr 2013 im *Journal of the American College of Cardiology* (Hoeper et al. 2013) definiert und sieht eine transthorakale Echokardiographie als nicht-invasive Screeningmethode im ersten Schritt vor. Falls hiermit der Verdacht auf eine pulmonale Hypertonie bestätigt werden kann, sollten die häufigsten Ursachen für eine pulmonale Hypertonie wie eine Dysfunktion des linken Ventrikels oder pulmonale Erkrankungen in Betracht gezogen werden. Anschließend sollten mit Hilfe eines EKGs, einer Röntgenthoraxaufnahme, einer Lungenfunktion mit Bestimmung der Diffusionskapazität für Kohlenmonoxid, einer Blutgasanalyse und einem hochauflösendem CT kardiale und pulmonale Erkrankungen als Genese der pulmonalen Hypertonie ausgeschlossen werden.

Falls mit oben genannten Methoden eine kardiale oder pulmonale Ursache der pulmonalen Hypertonie nicht gefunden werden konnte, sollte im weiteren Verlauf eine Ventilations-Perfusionsszintigraphie (V/Q-Szintigraphie) folgen, welche als Goldstandard angesehen wird (Hoeper et al. 2013, Opitz et al. 2016) und bei normalem Befund mit hoher Spezifität und Sensitivität eine CTEPH ausschließen kann (Williamson et al. 2002, Galiè et al. 2009, Grignola et al. 2013, Kim et al. 2013).

Bei Nachweis von Perfusionsdefekten in mindestens einem Segment bzw. zwei Subsegmenten in der V/Q-Szintigraphie wird das Vorliegen einer CTEPH als wahrscheinlich angesehen, sodass nachfolgend die Überweisung an ein entsprechendes CTEPH-Zentrum erfolgen sollte (Wilkens et al. 2016). Hier wird zunächst ein Rechtsherzkatheter obligatorisch empfohlen um einerseits die Diagnose der pulmonalen Hypertonie zu sichern und andererseits wichtige hämodynamische Parameter zu erheben. Zusätzlich zu dem Rechtsherzkatheter sollte ebenfalls eine CT-Angiographie bzw. Pulmonalisangiographie zur Sicherung der CTEPH und zur OP-Evaluation veranlasst werden (Hoeper et al. 2013, Kim et al. 2013, Opitz et al. 2016, Wilkens et al. 2016). Bei operablen Patienten mit Risikofaktoren für eine koronare Herzkrankheit sollte außerdem eine Koronarangiographie durchgeführt werden (Galiè et al. 2009, Wilkens et al. 2010).

#### 1.1.4 Erfassung des Schweregrades

Der Schweregrad der CTEPH kann mit Hilfe von klinischen und hämodynamischen Parametern beurteilt werden.

Als klinischer Parameter wird trotz Einführung der funktionellen WHO-Klassifikation für die pulmonale Hypertonie, die eine Abwandlung der New York Heart Association

(NYHA) - Klassifikation darstellt, häufig die NYHA - Klassifikation zur Beurteilung des Schweregrads der CTEPH gewählt (Barst et al. 2004, Olschewski et al. 2006, Mayer et al. 2011, van Kan et al. 2012). In Tabelle 2 ist ein kurzer Überblick über die NYHA-Klassifikation und die funktionellen Einschränkungen dargestellt.

NYHA-Klasse	Definition
I	Keine Einschränkung der körperlichen Belastbarkeit + keine Dyspnoe, Müdigkeit oder Palpitationen bei normaler Belastung
II	Leichte Einschränkung der körperlichen Belastbarkeit + keine Beschwerden in Ruhe + Dyspnoe, Ermüdung oder Palpitationen bei normaler körperlicher Belastung
III	Deutliche Einschränkung der körperlichen Belastbarkeit + keine Beschwerden in Ruhe + Dyspnoe, Müdigkeit oder Palpitationen bereits bei geringer körperlicher Belastung
IV	Symptome unter Ruhebedingungen möglich + Körperliche Aktivität von Beschwerden begleitet + Zunahme der Beschwerden durch jegliche körperliche Aktivität

**Tabelle 2: NYHA-Klassifikation (modifiziert übernommen von McMurray et al. 2012)**

Die hämodynamische Erfassung des Schweregrads bei CTEPH ist durch den Grad der rechtsventrikulären Dysfunktion beeinflusst und kann mit Hilfe des mittleren pulmonal-arteriellen Drucks, des pulmonal-vaskulären Widerstands und des Herzindexes bestimmt werden (McNeil und Dunning 2007, Condliffe et al. 2009, Saouti et al. 2009). In mehreren Studien konnte dem erhöhten mittleren pulmonal-arteriellen Druck und dem erhöhten pulmonal-vaskulären Widerstand ein prädiktiver Wert hinsichtlich der Mortalität von PEA-Patienten zugeschrieben werden (Dartevelle et al. 2004, Condliffe et al. 2009, Saouti et al. 2009, Mayer et al. 2011), wie im Kapitel „Pulmonalis-Endarterektomie“ (1.2) noch detaillierter erläutert wird.

### 1.1.5 Therapiemöglichkeiten

Die Therapiemöglichkeiten der CTEPH bestehen aus der Pulmonalis-Endarterektomie, der medikamentösen Therapie, der pulmonalen Ballonangioplastie und einer bilateralen Lungentransplantation.

#### *Pulmonalis-Endarterektomie*

Die Pulmonalis-Endarterektomie wird als Behandlung der Wahl aufgrund ihrer potentiell kurativen und postoperativ schnell einsetzenden sowie anhaltenden

hämodynamischen und funktionellen Verbesserungen angesehen (Mayer und Klepetko 2006, Drömann 2009, Galiè et al. 2009, Freed et al. 2011, Wilkens et al. 2011, Grignola et al. 2013, Ozsu und Cinarka 2013, Shenoy et al. 2014, Opitz et al. 2016). Die Indikation zum operativen Eingriff basiert auf der Einschätzung durch ein interdisziplinäres Team an einem erfahrenen Expertenzentrum für die Behandlung der Pulmonalis-Endarterektomie bei CTEPH und wird zusammen mit der Operationstechnik im Kapitel „Pulmonalis-Endarterektomie“ (1.2) erläutert. Da die Überlebensprognose bei inoperablen Patienten mit einer mittleren Überlebenszeit von 6,8 Jahren und einer 10-Jahres-Überlebensrate um die 20% sehr schlecht ist (Kunieda et al. 1999, Mayer et al. 2011, Wilkens et al. 2011, Madani et al. 2012), sollte die Pulmonalis-Endarterektomie angestrebt werden. Mit mittlerweile drastisch reduzierten Mortalitätsraten an erfahrenen Zentren und einer 5-Jahresüberlebensrate von 90%, stellt die Pulmonalis-Endarterektomie dabei eine gute therapeutische Option dar (Mayer und Klepetko 2006, Freed et al. 2011, Grignola et al. 2013).

### *Medikamentöse Therapie*

Die medikamentöse Behandlung sollte bei allen CTEPH-Patienten aus einer lebenslangen therapeutischen Antikoagulationstherapie bestehen um erneute thrombembolische Ereignisse durch In-situ-Thrombosierung der verengten Pulmonalgefäße und / oder eine erneute Lungenembolie zu verhindern (Galiè et al. 2009, Drömann 2009, Wilkens et al. 2011, Opitz et al. 2016). Daneben kommen symptomatische medikamentöse Behandlungen wie die Gabe von Diuretika zur Minimierung der Volumenbelastung und die Gabe von Sauerstoff zur Therapie der Hypoxämie zum Einsatz (Bresser et al. 2006, Opitz et al. 2016).

Da histopathologische Untersuchungen von PEA-Präparaten Veränderungen im distalen Lungengefäßbett, die den anderen Formen der PAH stark ähneln, nachweisen konnten, entstanden in den letzten Jahren Studien zur Wirkung von PAH-spezifischen Medikamenten bei CTEPH (Moser und Bloor 1993, Darteville et al. 2004, Bresser et al. 2006). Eine medikamentöse Therapie kann bei folgenden vier CTEPH-Patientengruppen zum Einsatz kommen:

- Patienten mit signifikanten Komorbiditäten
- Patienten mit operativ unzugänglicher Erkrankung der distalen Aa. pulmonales
- Patienten mit schwerer PH zur Stabilisierung bis zur PEA
- Patienten mit persistierender oder wiederauftretender PH nach PEA

(Drömann 2009, Galiè et al. 2009, Kim et al. 2013, Ozsu und Cinarka 2013, Shenoy et al. 2014)

Die bisher für die inoperable CTEPH oder persistierende pulmonale Hypertonie untersuchten PAH-spezifischen Medikamente umfassen Endothelinrezeptor-antagonisten, Phosphodiesterase-5-Inhibitoren und Prostanoiden (Drömann 2009, Galiè et al. 2009, Wittine und Auger 2010, Ozsu und Cinarka 2013). Mit Ausnahme von wenigen randomisierten, kontrollierten Studien besteht der größte Teil der zahlreichen CTEPH-spezifischen Studien aus offenen, unkontrollierten Studien in einzelnen Zentren mit vorwiegend kleinen Patientenzahlen und umfasst die Untersuchung von Epoprostenol i.v. (Cabrol et al. 2007), Treprostenil s.c. bzw. inh. (Skoro-Sajer et al. 2007, Voswinckel et al. 2006), Iloprost inhal. (Olschewski et al. 2002), Beraprost p.o. (Vizza et al. 2006), Sildenafil p.o. (Ghofrani et al. 2003, Suntharalingam et al. 2008), Bosentan p.o. (Hoeper et al. 2005, Jaïs et al. 2008) und Riociguat p.o. (Ghofrani et al. 2010, Ghofrani et al. 2013). Alle Studien konnten geringe Verbesserungen der Hämodynamik und / oder der funktionellen Kapazität bei Patienten mit CTEPH aufzeigen.

Besonders hervorzuheben ist die CHEST-1 (CTEPH soluble Guanylate cyclase-Stimulator Trial-1) - Studie von Ghofrani et al. (2010). Die multizentrische, randomisierte, placebokontrollierte Doppelblind- und Phase III-Studie konnte durch den Einsatz von Riociguat bei inoperablen Patienten mit CTEPH oder Patienten mit persistierender bzw. erneut aufgetretener pulmonaler Hypertonie nach Pulmonalis-Endarterektomie eine Reduktion des pulmonal-vaskulären Widerstands sowie Verbesserungen der klinischen Parameter wie der 6-Minuten-Gehstrecke, des NT-proBNP-Spiegels und der WHO-Klasse in diesem Patientenkollektiv nachweisen. Diese Ergebnisse konnten über ein einjähriges follow-up mit Hilfe der CHEST-2-Studie bestätigt werden (Simonneau et al. 2014), sodass Riociguat als das einzige für die Behandlung von CTEPH zugelassene Medikament (Kim et al. 2013) mittlerweile auch in Europa bei inoperablen Patienten oder Patienten mit postoperativ persistierender pulmonaler Hypertonie eingesetzt werden kann (Opitz et al. 2016).

### *Perkutane Ballonangioplastie*

Die perkutane Ballonangioplastie wurde zuerst durch Feinstein et al. 2001 beschrieben und wird in wenigen, überwiegend japanischen Zentren für Patienten mit meist inoperabler Erkrankung angewandt (Feinstein et al. 2001, Mizoguchi et al. 2012, Sugimura et al. 2012). Hiermit konnten bereits Verbesserungen der Hämodynamik und der funktionellen Kapazität bei CTEPH-Patienten erzielt werden, jedoch traten bei der geringen Fallanzahl häufig schwerwiegende Komplikationen wie eine Gefäßruptur oder eine Reperfusionserkrankung auf (Feinstein et al. 2001, Kim et al. 2013). Mit zunehmender Erfahrung und der Begrenzung des Eingriffs auf ein Areal zur Senkung des Komplikationsrisikos, wurden weniger Fälle von Komplikationen berichtet (Mizoguchi et al. 2012, Sugimura et al. 2012). In den aktuellen Leitlinien der europäischen Gesellschaft für Kardiologie wird diese Behandlung derzeit mit einer IIb,C-Empfehlung als Therapieoption bei inoperablen Patienten an ausgewählten Zentren angesehen (Opitz et al. 2016). Es bleibt abzuwarten, was Langzeitdaten zum Risiko von Restenosen und der Erkrankungsprogression liefern werden (Kim et al. 2013, Hoeper 2014, Wilkens et al. 2016).

### *Lungentransplantation*

Als weitere Option bei fortgeschrittener und inoperabler CTEPH steht die bilaterale Lungentransplantation zur Verfügung (Dartevelle et al. 2004, Galiè et al. 2009). Einschränkungen entstehen hierbei jedoch durch die knappe Anzahl an Spenderorganen und der erhöhten Morbidität und Mortalität durch diverse Komplikationen nach der Transplantation. Diese führen zu 5- bis 10-Jahres-Überlebensraten von 52% bzw. 29% (Kotloff und Thabut 2011, Ahmad et al. 2011).

## **1.2 Pulmonalis-Endarterektomie**

Wie bereits erwähnt, gilt die Pulmonalis-Endarterektomie nach wie vor als Therapie der Wahl für den Großteil der Patienten mit CTEPH. Die Mortalitätsraten sind auf mittlerweile 2,2% an der University of California San Diego (Madani et al. 2012) und 4,7% im Rahmen des internationalen CTEPH-Registers (Mayer et al. 2011) an erfahrenen Zentren drastisch gesunken. Ebenso kommt es durch Fortschritte in der Operationstechnik mit nun möglichen Resektionen bis in subsegmentale Zweige der Pulmonalarterien zu einer steigenden Zahl an operablen Patienten (Madani et al. 2012). Im folgenden Kapitel soll nun daher detaillierter auf die kritische Auswahl der Patienten sowie die Operation an sich eingegangen werden.

### 1.2.1 Operationsindikationen und Auswahl der Patienten

Die Kriterien für die Operationsindikation zur Pulmonalis-Endarterektomie und die Auswahl der Patienten basieren trotz weltweit wachsender Erfahrungen immer noch auf subjektiven Einschätzungen, die abhängig von den Erfahrungen und Fähigkeiten der jeweiligen Experten und des Zentrums sind (Kim et al. 2013, Auger et al. 2012, Jenkins et al. 2012).

Als Orientierungshilfe bei der Auswahl der Patienten kann die 2004 vom American College of Chest Physicians eingeführte Leitlinie gelten, die eine Pulmonalis-Endarterektomie bei Patienten mit

- Symptomen der NYHA – Klasse III oder IV
- präoperativem pulmonal-vaskulären Widerstand  $> 300 \text{ dyn} \times \text{s} \times \text{cm}^{-5}$
- operativ zugänglichen Thromben in Haupt-, Lobär-, Segment- oder Subsegmenten der Pulmonalarterien
- keinen signifikanten Komorbiditäten

als indiziert ansieht (Doyle et al. 2004, Mayer und Klepetko 2006).

Zusätzlich spielen Parameter wie die Erfahrung des Operateurs, der allgemeine Gesundheitszustand des Patienten, die Anzahl der thrombembolischen Veränderungen und der Grad der Beeinträchtigung der pulmonalen Hämodynamik eine Rolle (Mayer et al. 2011, Madani et al. 2012).

Die einzigen beiden absoluten Kontraindikationen stellen die schwere obstruktive und restriktive chronische Lungenerkrankung dar (Kim 2006). Obwohl eine renale bzw. hepatische Insuffizienz, maligne Prozesse mit eingeschränkter Prognose und eine schwere Rechtsherzinsuffizienz als relative Kontraindikationen gelten und bei der Risikoabschätzung der OP einfließen sollten (Kim 2006, Wilkens et al. 2011), sollten diese keinen absoluten Ausschluss von der Pulmonalis-Endarterektomie bedeuten, da auch bei Patienten mit schwerstem Rechtsherzversagen ein gutes Ergebnis nach Pulmonalis-Endarterektomie aufgezeigt werden konnte (Kim 2006).

Wie bereits erwähnt, kann bei der CTEPH neben einer Thrombose der proximalen Aa. pulmonales auch eine Mikroangiopathie der distalen Aa. pulmonales bestehen. Diese kann postoperativ zu einer persistierenden pulmonalen Hypertonie führen und wird daher als wichtiger Faktor auf das PEA-Ergebnis angesehen (Kim 2006, Grignola et al. 2013).

Obwohl die proximale Thrombosierung der Pulmonalarterien mittels konventionellen Untersuchungsmethoden gut zu diagnostizieren ist, kann der Status der Mikroangiopathie nur eingeschränkt beurteilt werden. Als Parameter für das Bestehen einer Mikroangiopathie wird oftmals der präoperative Wert des pulmonal-vaskulären Widerstands herangezogen und als wichtigster Risikofaktor angesehen (Kim 2006, Madani et al. 2012). Jedoch gibt es trotz des Vorliegens mehrerer Studien, die bei Werten von 1.000 bis 1.200 dyn x s x cm<sup>-5</sup> ein erhöhtes perioperatives Mortalitätsrisiko gegenüber Patienten mit niedrigeren Werten aufzeigen konnten, bis zum heutigen Zeitpunkt keinen Grenzwert, der Patienten als operabel bzw. inoperabel einstuft (Dartevelle et al. 2004, Mayer und Klepetko 2006, Madani et al. 2012). Obgleich Madani et al. (2012) in einer neueren Studie Patienten mit einer höheren Rate von thrombembolischen Veränderungen in subsegmentalen Pulmonalarterien mit einer Mortalitätsrate von 2,2% operieren konnten, stellten sie ebenso fest, dass ein hoher pulmonal-vaskulärer Widerstand, der keine charakteristischen CTEPH-Veränderungen in der Angiographie aufweist, auf eine inoperable sekundäre Arteriopathie hinweist.

### 1.2.2 Operationstechnik

Die Pulmonalis-Endarterektomie basiert auf der von Dr. Stuart W. Jamieson an der University of California San Diego entwickelten Operationstechnik und gilt bis zum heutigen Zeitpunkt als Standardtechnik (Jamieson und Kapelanski 2000, Kim et al. 2013). Sie stellt eine echte Endarterektomie dar, da die in fibröses Material umgewandelten Thromben in die Intima und Media der Arterienwand untrennbar integriert sind (Mayer und Klepetko 2006).

Die Operation beginnt zunächst mit einer medianen Sternotomie und einer longitudinalen Perikardiotomie. Im nächsten Schritt wird ein vollständiger kardiopulmonaler Bypass durch Kanülierung der Aorta ascendens, der Vena cava superior und inferior angelegt und der Patient gekühlt. Nachfolgend wird die rechte A. pulmonalis freipäpariert und das linke Herz dekomprimiert. Nachdem eine Körpertemperatur zwischen 18 und 20° C erreicht wurde, wird die Aorta ascendens abgeklemmt und kardioplege Lösung in die Aortenwurzel injiziert. Danach erfolgt mittels longitudinalen Schnitts die Eröffnung der rechten A. pulmonalis zwischen Aorta und V. cava superior. Jegliche sichtbaren und losen Thromben werden nun entfernt. Ebenfalls wird die gewünschte Dissektionsebene in der Media der A. pulmonalis dargestellt (Dartevelle et al. 2004, Madani und Jamieson 2006).



Ab diesem Operationsschritt gibt es zwei verschiedene Vorgehensweisen. In der Operationstechnik von Jamieson wird nach der Identifizierung der korrekten Dissektionsebene der kardiopulmonale Bypass für einen Zeitraumen von bis zu 20 Minuten gestoppt. Dieser tiefe hypotherme Kreislaufstillstand erlaubt es, in Blutleere und damit ohne Sicht einschränkung zu arbeiten, da ein Rückfluss von Blut aus den hypervaskularisierten bronchoarteriellen Kollateralen aus der Aorta descendens und den Aa. subclaviae in das OP-Gebiet damit verhindert wird (Madani und Jamieson 2006). Die andere mögliche Vorgehensweise ist eine selektive antegrade zerebrale Perfusion, die ohne Kreislaufstillstand arbeitet und mit einem verminderten Flussvolumen am kardiopulmonalen Bypass den Blutfluss ins Gehirn aufrechterhält (Roscoe und Klein 2008, Thomson et al. 2008).

Mit oder ohne Kreislaufstillstand wird als nächstes die Dissektion der rechten A. pulmonalis vom Hauptstamm bis in die subsegmentalen Äste durchgeführt. Falls ein tiefer hypothermer Kreislaufstillstand verwendet wird, schließt sich nach Naht der A. pulmonalis eine Reperusionsperiode von circa 15 Minuten an. Danach wird, gegebenenfalls unter erneutem Kreislaufstillstand, die Eröffnung der linken A. pulmonalis und die Endarterektomie wie bei der rechten A. pulmonalis vorgenommen. Nach der Naht der linken A. pulmonalis wird der Patient mittels kardiopulmonalem Bypass reperfundiert und die Herzkammern entlüftet. Die abgeklemmte Aorta wird wiedereröffnet und der Patient langsam auf 37° C erwärmt (Madani und Jamieson 2006).

Während der Erwärmungsphase können zusätzliche herzchirurgische Eingriffe wie ein koronarer Bypass, Interventionen an den Herzklappen oder der Verschluss eines offenen Foramen ovale erfolgen. Nach Erreichen der Normothermie werden der kardiopulmonale Bypass entfernt, temporäre atriale und ventrikuläre Schrittmacherdrähte platziert und die Wunden geschlossen (Dartevelle et al. 2004, Madani und Jamieson 2006).

### 1.2.3 Outcome der Operation

Bei einem Großteil der Patienten ist unmittelbar nach der Pulmonalis-Endarterektomie ein signifikanter Abfall des mittleren pulmonal-arteriellen Drucks und des pulmonalvaskulären Widerstands, eine verbesserte rechtsventrikuläre Funktion mit erhöhtem Herzzeitvolumen und ein verbesserter Gasaustausch zu verzeichnen (Mayer und Klepetko 2006, Keogh et al. 2009).

Als wichtigste Prädiktoren für das postoperative Ergebnis werden der hämodynamische Schweregrad und die Lokalisation der anatomischen Obstruktion angesehen (Thistlethwaite et al. 2008). Intraoperativ wurde daher zu Beginn dieses Jahrhunderts ein Klassifikationssystem von Jamieson et al. entwickelt, welches in Tabelle 3 dargestellt ist und die pulmonale thrombembolische Erkrankung anhand des intraoperativen Befunds nach Lage und Typ einteilt (Thistlethwaite et al. 2002).

Typ	Definition
I	Frischer oder organisierter Thrombus im Hauptstamm und/oder Lobärrast der Pulmonalarterien
II	Intimaverdickung und Fibrose ohne sichtbaren Thrombus in Haupt-, Lobär- und/oder Segmentgefäßen der Pulmonalarterien
III	Intimaverdickung und Fibrose in subsegmentalen Pulmonalarterien
IV	Distal gelegene arterielle Vaskulopathie ohne sichtbare Thromben

**Tabelle 3: Jamieson-Klassifikation des intraoperativen Befundes  
(modifiziert übernommen von Jamieson und Kapelanski 2000  
und Thistlethwaite et al. 2002)**

Thistlethwaite et al. konnten in zwei retrospektiven Studien zeigen, dass Patienten mit einem intraoperativen Typ III- und Typ IV-Befund einen geringeren postoperativen Abfall des pulmonal-vaskulären Widerstands, höhere postoperative pulmonal-arterielle Drücke, eine höhere perioperative Mortalität und einen längeren Krankenhausaufenthalt aufwiesen (Thistlethwaite et al. 2002, Thistlethwaite et al. 2008). Patienten mit Typ IV-Befund profitierten auch am wenigsten von der Pulmonalis-Endarterektomie und stellten am ehesten das Bild einer idiopathischen pulmonal-arteriellen Hypertonie dar (Thistlethwaite et al. 2008).

Nachdem in jüngster Zeit durch eine Verfeinerung der Operationstechnik auch distale Resektionen in Höhe der Segment- und Subsegmenten der Aa. pulmonales möglich sind und die bisher vorliegende Jamieson-Klassifikation diese nicht ausreichend beschreibt, wurde von Madani et al. (2014) im Januar 2013 eine chirurgische Klassifikation an der University of California San Diego (UCSD) eingeführt. Ein Überblick über diese neue „UCSD surgical level classification“ (UCSD-Klassifikation der chirurgischen Ebene) ist in Tabelle 4 dargestellt.

Level	Definition
0	Kein Nachweis einer chronisch thrombembolischen Erkrankung (CTE)
I IC	CTE auf Höhe der Hauptäste der Aa. pulmonales Kompletter Verschluss und aufgehobene Perfusion einer Lungenhälfte
II	CTE auf Höhe der Lobärarterien oder dazwischenliegender Aa. pulmonales
III	CTE auf segmentaler Ebene
IV	CTE auf subsegmentaler Ebene

**Tabelle 4: „UCSD surgical level classification“ (UCSD-Klassifikation der chirurgischen Ebene, modifiziert übernommen von Madani et al. 2014)**

Wie bereits in dem Kapitel „Operationsindikationen und Auswahl der Patienten“ (1.2.1) erwähnt, gilt auch die Höhe des pulmonal-vaskulären Widerstands als Indikator für das postoperative Ergebnis. Einerseits konnte ein erhöhter präoperativer pulmonal-vaskulärer Widerstand mit Werten über  $1000\text{--}1200 \text{ dyn} \times \text{s} \times \text{cm}^{-5}$  in mehreren Studien mit einer erhöhten Mortalität assoziiert werden (Dartevelle et al. 2004, Madani et al. 2012). Andererseits konnten große Studien an der University of California San Diego und dem internationalen CTEPH-Register einen postoperativen pulmonal-vaskulären Widerstand  $> 500 \text{ dyn} \times \text{s} \times \text{cm}^{-5}$  am Ende des Aufenthalts auf der Intensivstation als Indikator für eine erhöhte Mortalität nachweisen (Thistlethwaite et al. 2008, Mayer et al. 2011).

Weitere Indikatoren, die für eine erfolgreiche Pulmonalis-Endarterektomie stehen, sind:

- Adäquate Auswahl von geeigneten Patienten
- Positive Anamnese für eine Lungenembolie oder tiefe Venenthrombose
- Angiographische Thromben in proximalen Teilen oder Lobärästen der Aa.pulmonales
- Erfahrung des Chirurgen und des Zentrums
- Korrelation zwischen pulmonal-vaskulären Widerstand und anatomischer Obstruktion

(Mayer und Klepetko 2006, Keogh et al. 2009, Mayer et al. 2011)

Eine höhere Inzidenz einer postoperativ persistierenden pulmonalen Hypertonie und damit schlechterem Outcome konnte bei Patienten mit CTEPH-assoziierten Erkrankungen wie Splenektomie, entzündlichen Darmerkrankungen, Osteomyelitis und ventrikuloatrialen Shunts aufgezeigt werden (Bonderman et al. 2007).

### 1.2.4 Peri- und postoperative Komplikationen

Zu den häufigsten peri- und postoperativen Komplikationen zählen die persistierende pulmonale Hypertonie, das Reperfusionslungenödem und die beatmungsassoziierte Pneumonie (Thistlethwaite et al. 2008, Mayer et al. 2011).

#### *Spezifische Komplikationen*

Zu den spezifischen Komplikationen werden die postoperativ persistierende pulmonale Hypertonie, das Reperfusionslungenödem, das Delir nach tiefem hypothermen Kreislaufstillstand, pulmonale Blutungen (Manecke et al. 2004) und eine Rethrombosierung der endarterektomierten Areale gezählt.

Die postoperativ persistierende pulmonale Hypertonie tritt dabei mit einer Inzidenz zwischen 16,7% und 35% häufig nach Pulmonalis-Endarterektomie auf (Bonderman et al. 2007, Freed et al. 2011, Mayer et al. 2011). Sie kann auf einer inadäquaten Endarterektomie aufgrund einer morphologischen Typ IV-Erkrankung nach der Jamieson-Klassifikation oder einer signifikanten sekundären Vaskulopathie beruhen (Mayer und Klepetko 2006). Mit einer Inzidenz von 6,1% bis 44,7% tritt das Reperfusionslungenödem ebenfalls relativ häufig auf (D'Armini et al. 2005, Thistlethwaite et al. 2008, Gu et al. 2010, Mayer et al. 2011, Yıldızeli et al. 2013, Leung et al. 2016). Zusammen mit der Komplikation „pulmonale Blutungen“ werden diese drei Komplikationen daher aufgrund ihrer wichtigen Rolle in dem Kapitel „Komplikationsmanagement“ (1.2.6.3) noch genauer erläutert.

Aufgrund des kardiopulmonalen Bypasses und des Einsatzes eines tiefen hypothermen Kreislaufstillstandes kann es zu neurologischen Komplikationen wie einem Delir, einem Hirninfarkt oder einer Verschlechterung einer vorbestehenden Schizophrenie kommen (Thistlethwaite et al. 2006a, Mayer et al. 2011). Wie Mayer et al. (2011) in jüngsten Erkenntnissen aufzeigen konnten, kann die Entstehung dieser neurologischen Komplikationen vom Zeitumfang des tiefen hypothermen Kreislaufstillstands als Risikofaktor abhängen.

Die angesprochene Rethrombosierung von endarterektomierten Arealen kann auf eine erhöhte Inzidenz von Antiphospholipid-Antikörpern bei diesem Patientengut zurückführbar sein (Mayer und Klepetko 2006).

### *Allgemeine Komplikationen*

Weitere Komplikationen durch oder nach Pulmonalis-Endarterektomie entsprechen zum größten Teil den Komplikationen von Eingriffen am offenen Thorax bzw. am Herz mit Einsatz des kardiopulmonalen Bypasses und sind, verglichen mit den oben aufgeführten Komplikationen, relativ selten. Hierzu zählen:

- Akutes Nierenversagen
- Blutungen
- Chylo-, Hämato- und Pneumothorax
- Perikarderguss
- Perikarditis / Mediastinitis
- Verletzungen des N. phrenicus
- Vorhoffarrhythmien
- Wundinfektionen / Sepsis

(D'Armini et al. 2005, Thistlethwaite et al. 2008, Saouti et al. 2009, Narayana et al. 2010, Wittine und Auger. 2010, Mayer et al. 2011)

### 1.2.5 Anästhesiologische Aspekte

Bis zur Durchführung unserer Umfrage lagen zum anästhesiologischen Management im Bereich der Beatmungstherapie und der Volumen- bzw. Hämotherapie bei der Pulmonalis-Endarterektomie nur wenige Artikel vor. Diese stellen zumeist Erfahrungsberichte der verschiedenen Zentren dar oder liefern im Rahmen von Studien zu anderen Aspekten der Pulmonalis-Endarterektomie Angaben über zentrumseigene Vorgehensweisen. Eine Verallgemeinerung des anästhesiologischen Managements ist daher nicht möglich. Die nachfolgenden Kapitel sollen dementsprechend neben der Betrachtung des theoretischen Hintergrunds, als Bestandsanalyse der durchgeführten Maßnahmen und Meinungen der verschiedenen Zentren dienen.

#### 1.2.5.1 Beatungsmanagement

Das allgemeine Beatungsmanagement von der Einleitung bis zur Initiierung des kardiopulmonalen Bypasses sollte nach Meinung einer großen Anzahl von Zentren darauf abzielen eine Erhöhung des pulmonal-vaskulären Widerstands zu vermeiden (Demeyere et al. 2005, Manecke 2006, Valchanov und Vuylsteke 2009). Wie bereits beschrieben, ist der pulmonal-vaskuläre Widerstand bei CTEPH aufgrund der mechanischen Obstruktion präoperativ teilweise massiv erhöht und kann durch

Hypoxie, Hyperkapnie, Azidose, Schmerz, und Aufregung exazerbiert werden, was zu einem Abfall des Perfusionsdrucks des rechten Ventrikels und zu einer rechtsventrikulären Funktionsverminderung führen kann (Demeyere et al. 2005, Manecke 2006, Valchanov und Vuylsteke 2009).

Aufgrund des Einsatzes eines kardiopulmonalen Bypasses kann in der perioperativen Phase nach Pulmonalis-Endarterektomie ein „pump-lung“-Syndrom auftreten, welches durch Atelektasenbildung gekennzeichnet ist und durch ein Ventilations-Perfusions-Ungleichgewicht zu einer Hypoxämie führen kann (Adams und Fedullo 2006).

Ein weiteres Kriterium für das intraoperative Beatungsmanagement kann das für die Pulmonalis-Endarterektomie einzigartige pulmonal-arterielle „Stealphänomen“ darstellen. Nach Endarterektomie kann hierbei eine Umverteilung des pulmonal-arteriellen Blutflusses von gut perfundierten pulmonalen Segmenten hin zu frisch endarterektomierten Segmenten beobachtet werden (Olman et al. 1990, Moser und Bloor 1993). Da die Thrombembolien bevorzugt Pulmonalarterien der unteren meist durch den kardiopulmonalen Bypass atelektatischen Lungenlappen betreffen, richtet sich aufgrund des Stealphänomens der Blutfluss vorwiegend auf diese Areale und kann so einen Shuntfluss mit Verschlechterung des Gasaustausches durch eine Hypoxämie und eine kompensatorische pulmonale Vasokonstriktion mit Anstieg des pulmonal-vaskulären Widerstands bewirken (Adams und Fedullo 2006).

#### *Perioperative Phase vor dem CPB*

Für die Beatmungseinstellungen in der perioperativen Phase vor dem kardiopulmonalen Bypass liegen nur Erfahrungsberichte von zwei Zentren vor. Das eine Zentrum führte eine Beatmung mit kleinen Tidalvolumina und ohne PEEP durch (Hagl et al. 2003), wohingegen das andere Zentrum eine druckkontrollierte Beatmung mit einem PEEP von 10 cmH<sub>2</sub>O für ihre Studien bei PEA-Patienten verwendete (Menzel et al. 2002).

#### *Perioperative Phase nach dem CPB*

Aufgrund des bereits genannten Stealphänomens und des „pump lung“-Syndroms nach der Endarterektomie erachten es mehrere Zentren als wichtig eine adäquate Ventilation der unteren Lungenlappen mittels Einsatz eines PEEP zur Optimierung des Gasaustausch bzw. Ventilations-Perfusions-Verhältnisses zu ermöglichen (Adams und Fedullo 2006, Roscoe und Klein 2008, Valchanov und Vuylsteke 2009). Ein Zentrum

gab dabei einen PEEP in Höhe von mindestens 6 cmH<sub>2</sub>O in ihrem Bericht an (Valchanov und Vuylsteke 2009).

Ebenfalls kann die Verwendung eines PEEP in der Prävention von pulmonalen Ödemen und dem Reperfusionslungenödem helfen (Roscoe und Klein 2008, Valchanov und Vuylsteke 2009). Detaillierte Angaben bezüglich des präferierten Beatmungsmodus, des angestrebten Tidalvolumens, der Atemfrequenz und dem Inspirations-Expirations-Verhältnis liegen jedoch für die perioperative Phase von keinem der Zentren vor, weder für die Phase vor, noch nach dem kardiopulmonalen Bypass.

#### 1.2.5.2 Hämotherapie

Zur intraoperativen Hämotherapie lagen vor Durchführung der Umfrage zum perioperativen Management bei Pulmonalis-Endarterektomie nur Berichte weniger Zentren vor. Zwischenzeitlich wurde im Jahr 2011 eine bisher als einzige der Pulmonalis-Endarterektomie gewidmete, retrospektive Studie mit prospektiver Auswertung veröffentlicht.

An einigen Zentren werden nach der Narkoseeinleitung bei stabilen Patienten mit ausreichendem Hämatokritwert ein bis zwei Einheiten von autologem Blut für die Retransfusion nach der Pulmonalis-Endarterektomie abgenommen (Madani und Jamieson 2006, Manecke 2006). An anderen Zentren erfolgt eine Aufarbeitung von Blut aus dem Operationsfeld hingegen perioperativ mit einem cell saver (Puis et al. 2005, Valchanov und Vuylsteke 2009). Zusätzlich kommt an einigen Zentren eine Hämodilution während des kardiopulmonalen Bypasses und der Kühlungsphase zum Einsatz um die Blutviskosität zu vermindern und den kapillären Blutfluss zu optimieren (Manecke 2006).

Obwohl es nach prolongiertem und hypothermen kardiopulmonalen Bypass zu Koagulopathien und Thrombozytendysfunktionen kommen kann, sind Blutungen nach Pulmonalis-Endarterektomie und die Gabe von Blutprodukten nach Meinung einiger Zentren selten (Demeyere et al. 2005, Manecke 2006, Roscoe und Klein 2008). Falls Blutprodukte verabreicht werden mussten, liegen hierzu unterschiedliche Meinungen vor. Ein Zentrum gab an in seltenen Fällen nur Thrombozytenkonzentrate und Gerinnungsfaktoren zu transfundieren, wohingegen ein anderes Zentrum nur Blutprodukte in Form von Frischplasma (FFP) und Gerinnungsfaktoren bei einigen Patienten mit vorheriger Warfarintherapie verabreichte (Demeyere et al. 2005, Madani

und Jamieson 2006). Ein anderes Zentrum, das routinemäßig Erythrozytenkonzentrate bei Pulmonalis-Endarterektomie transfundierte, erachtete die Transfusion von FFP und Thrombozytenkonzentraten jedoch als ungewöhnlich (Valchanov und Vuylsteke 2009). Wiederum ein anderes Zentrum sah die Gabe von Blutprodukten ohne genauere Benennung der verabreichten Konzentrate nur bei persistierenden Blutungen als indiziert an, da die Hämotherapie ihrer Ansicht nach zu einer Verschlechterung des Gasaustauschs und der Hämodynamik bei diesem Patientengut führen kann (Roscoe und Klein 2008).

### 1.2.6 Intensivmedizinische Aspekte

Anders als bei den anästhesiologischen Aspekten lagen bis zur Durchführung unserer Umfrage zum intensivmedizinischen Management im Bereich der Beatmungs-, Volumen- und Hämotherapie insgesamt eine randomisierte Studie und einige Erfahrungsberichte der verschiedenen Zentren, sowie zum Komplikationsmanagement nach Pulmonalis-Endarterektomie mehrere Studien und Erfahrungsberichte vor. Die nachfolgenden Kapitel sollen neben der Betrachtung des theoretischen Hintergrunds, als Bestandsanalyse der durchgeführten Maßnahmen und Meinungen der verschiedenen Zentren dienen. Auf Basis dieser Ausführungen sollten jedoch keine Verallgemeinerungen bezüglich des intensivmedizinischen Managements nach Pulmonalis-Endarterektomie angenommen werden, da bis zum heutigen Zeitpunkt kein Standard zur postoperativen Behandlung nach Pulmonalis-Endarterektomie vorliegt und das Management selbst zwischen den Expertenzentren variiert (Keogh et al. 2009, Mayer 2010).

#### 1.2.6.1 Beatungsmanagement

Die bisher einzige randomisierte Studie zur postoperativen Beatmung nach Pulmonalis-Endarterektomie wurde im Jahr 2000 durch Mares et al. publiziert. In der Studie konnte eine höhere Inzidenz des Reperfusionslungenödems, Rechtsherzversagens, eine höhere Mortalitätsrate und eine längere Intubationsdauer in der Patientengruppe, die mit Tidalvolumina von 10-15 ml/kgKG und inspiratorischen Spitzendrücken bis 50 cmH<sub>2</sub>O beatmet wurden, gegenüber der Patientengruppe, die eine lungenprotektive Beatmung mit Tidalvolumina unter 8 ml/kgKG, einen inspiratorischen Spitzendruck unter 18 cmH<sub>2</sub>O und ein Inspirations-Expirationsverhältnis von 3:1 erhielten, assoziiert werden. Allerdings ist die



Aussagekraft der Studie eingeschränkt, da sie zwei Einflussfaktoren gleichzeitig untersucht und den Patienten mit lungenprotektiver Beatmung die Gabe von Vasodilatoren und inotropen Katecholaminen vorenthalten wurde.

In den Erfahrungsberichten und Studien zu anderen Bereichen der Pulmonalis-Endarterektomie, finden sich einerseits Angaben über die lungenprotektive Beatmung mit einem geringen Tidalvolumen von bis zu 8 ml/kgKG und einem PEEP von 8 cmH<sub>2</sub>O zur Vermeidung eines Reperfusionslungenödems und einer beatmungsinduzierten Lungenschädigung (Narayana et al. 2010, Morsolini et al. 2012, Yıldızeli et al. 2013). Andererseits berichten andere Zentren von einer Beatmung mit höheren Tidalvolumina in Höhe von 10 bis 12 ml/kgKG, die zur Atelektasenprophylaxe und Verbesserung der Oxygenierung durch das pulmonal-arterielle Stealphänomen dienen sollten (Hagl et al. 2003, Adams und Fedullo 2006, Maliyasena et al. 2012). An einigen Zentren wurde die druckkontrollierte Beatmung eingesetzt (Adams und Fedullo 2006, Guth et al. 2014), wohingegen zwei andere Zentren über eine volumenkontrollierte Beatmungsform und eine intermittierende bzw. volumenkontrollierte Beatmung mit Druckunterstützung berichteten (Hagl et al. 2003, Maliyasena et al. 2012).

In der postoperativen Phase benutzten die meisten der Zentren einen PEEP zur Atelektasenprophylaxe und zur Prävention des Reperfusionslungenödems, der Wert des PEEP wurde hierbei von einigen dieser Zentren zwischen 5 und 10 cmH<sub>2</sub>O angegeben (Hagl et al. 2003, Adams und Fedullo 2006, Narayana et al. 2010, Maliyasena et al. 2012, Yıldızeli et al. 2013, Guth et al. 2014). Um ein Barotrauma zu verhindern und einen weiteren Anstiegs des pulmonal-vaskulären Widerstands zu vermeiden, sollte der maximale inspiratorische Spitzendruck an vielen Zentren den Wert von 30 cmH<sub>2</sub>O nicht übersteigen (Demeyere et al. 2005, Adams und Fedullo 2006, Thomson und Jenkins 2009, Narayana et al. 2010).

#### 1.2.6.2 Volumen- und Hämotherapie

##### *Volumentherapie*

Um einem Reperfusionslungenödem aufgrund eines hohen postoperativen Herzzeitvolumens vorzubeugen, wählte ein großer Teil der Zentren in Bezug auf die postoperative Flüssigkeitsbilanzierung eine aggressive Diurese in der ersten postoperativen Phase (Jamieson und Kapelanski 2000, D'Armini et al. 2005, Demeyere et al. 2005, Narayana et al. 2010, Saouti et al. 2009, Thomson und Jenkins 2009, McRae et al. 2011, Madani et al. 2012, Morsolini et al. 2012, Yıldızeli et al. 2013). Zwei

Zentren präzisierten die aggressive Diurese mit einer routinemäßigen negativen Flüssigkeitsbilanz von -2,5 bis -3,5 l in den ersten 48 Stunden (Puis et al. 2005, Thomson und Jenkins 2009). Ein anderes Zentrum war der Meinung, dass sich die postoperative Volumentherapie unter anderem nach der Hämodynamik des rechten Ventrikels richten sollte, weshalb neben einer inotropen Unterstützung eine adäquate Vorlast auch durch die Gabe von Diuretika erzielt werden sollte (Roscoe und Klein 2008). Dementsprechend teilten Mayer et al. (2010) Patienten postoperativ in drei unterschiedliche Gruppen ein, wobei nur zwei der Gruppen neben einer restriktiven Volumentherapie zusätzliche Maßnahmen erhielten. Die erste dieser zwei Gruppen stellten Patienten mit erhöhtem pulmonal-arteriellem Druck nach Pulmonalis-Endarterektomie, hohem Herzzeitvolumen und systemischer Vasodilatation dar, die ein erhöhtes Risiko für die Entwicklung eines Reperfusionslungenödems aufweisen und daher zusätzlich mit Diuretika behandelt werden sollten. Die zweite Gruppe stellten Patienten mit massiv erhöhtem pulmonal-arteriellem Druck nach Pulmonalis-Endarterektomie, geringem Herzzeitvolumen und Rechtsherzversagen dar. Um eine weitere hämodynamische Verschlechterung zu vermeiden, sollte diese Gruppe daher nach Ansicht von Mayer et al. eine Flüssigkeitsrestriktion, Diuretika, eine extrakorporale Membranoxygenierung und Hämofiltration erhalten.

Falls eine Volumengabe notwendig war, wurde von einem Zentrum die Verabreichung von Albumin oder Blutprodukten als indiziert angesehen, da in dieser Phase ihrer Meinung nach kristalloide Lösungen gemieden werden sollten (Thomson und Jenkins 2009). Ein anderes Zentrum bevorzugte jedoch erst nach der Gabe von 500 ml Kochsalzlösung Kolloide wie Albumin (McRae et al. 2011).

### *Hämotherapie*

Zur Verabreichung von Blutprodukten nach Pulmonalis-Endarterektomie liegen sehr wenige Artikel vor, obwohl der tiefe hypotherme Kreislaufstillstand mit einem signifikanten Blutverlust und einer Koagulopathie assoziiert sein kann (McRae et al. 2011). Eine kürzlich erschienene retrospektive Studie mit prospektiver Auswertung von McRae et al. (2011) untersuchte erstmals im perioperativen Setting bei Patienten mit Pulmonalis-Endarterektomie, ob eine restriktive Blutgabe einer liberalen Blutgabe überlegen war. Sie konnten nachweisen, dass die Pulmonalis-Endarterektomie mit einem tiefen hypothermen Kreislaufstillstand unter Einsatz eines cell savers, einer Blutabnahme von 500 ml vor dem kardiopulmonalen Bypass für Retransfusionszwecke nach erfolgter Pulmonalis-Endarterektomie und der Gabe von Tranexamsäure auch ohne oder mit maximaler Gabe von 2 Erythrozytenkonzentraten sicher durchführbar ist.

Ohne die Gabe von FFP oder Thrombozytenkonzentraten konnte nach 6 bis 12 Stunden postoperativ eine Normalisierung der Gerinnung verzeichnet werden, ohne einen Einfluss auf den Hb-Wert oder die Blutmenge in der Thoraxdrainage gehabt zu haben. Darüber hinaus waren 24 Monate nach Pulmonalis-Endarterektomie alle mit Ausnahme eines Patienten in der NYHA-Klasse I oder II verblieben.

Einige Zentren geben in ihren Erfahrungsberichten an, dass im Anschluss an die Pulmonalis-Endarterektomie oftmals ein geringer Transfusionsbedarf bestehe (Demeyere et al. 2005, Manecke 2006, Valchanov und Vuylsteke 2009). Dennoch kann es bei Patienten mit vorheriger oraler therapeutischer Antikoagulation nötig gewesen sein, FFP oder Gerinnungsfaktoren zu transfundieren (Demeyere et al. 2005). Obwohl ein eher niedriger Transfusionsbedarf genannt wurde, hielt eines dieser Zentren eine eher liberale Transfusionstherapie mit einem Ziel-Hbwert über 10 g/dl für gerechtfertigt (Demeyere et al. 2005). Weitere Angaben zu Transfusionstriggern oder der Anzahl an transfundierten Blutprodukten waren in keinem Erfahrungsbericht ausfindig zu machen.

### 1.2.6.3 Komplikationsmanagement

Die für die Pulmonalis-Endarterektomie einzigartigen Komplikationen stellen unter anderem das Reperfusionslungenödem, die persistierende pulmonale Hypertonie und pulmonale Blutungen dar (Thomson und Jenkins 2009, Valchanov und Vuylsteke 2009). Aufgrund ihrer hohen Inzidenz und damit wichtigen Bedeutung sollen sie in folgendem Abschnitt auch bezüglich ihrer therapeutischen Optionen genauer betrachtet werden.

#### *Reperfusionslungenödem*

Das Reperfusionslungenödem, das mit als häufigste Komplikation nach Pulmonalis-Endarterektomie auftritt, kann innerhalb von 24 bis 72 Stunden nach dem Eingriff in Erscheinung treten (D'Armini et al. 2005, Puis et al. 2005, Adams und Fedullo 2006, Manecke 2006, Thistlethwaite et al. 2008, Thomson und Jenkins 2009). Es ist durch eine progressive Verschlechterung des  $\text{PaO}_2\text{:FiO}_2$ -Verhältnisses geprägt und kann von milden Formen mit postoperativer Hypoxämie bis hin zu schweren Formen mit alveolärer Schädigung reichen (Adams und Fedullo 2006, McNeil und Dunning 2007, Thomson und Jenkins 2009, Shenoy et al. 2014). Die Pathophysiologie ist größtenteils unbekannt, wobei man annimmt, dass der kardiopulmonale Bypass, der tiefe hypotherme Kreislaufstillstand, die mechanische Unterbrechung der Endotheloberfläche und die Reperfusion von zuvor ischämischen pulmonal-arteriellen

Arealen zu der Entwicklung des Reperfusionslungenödems beitragen (Adams und Fedullo 2006, McNeil und Dunning 2007, Thomson und Jenkins 2009). Die Therapie ist bis zum jetzigen Zeitpunkt unterstützend und soll die pulmonale Regeneration fördern (Adams und Fedullo 2006, Roscoe und Klein 2008, Thomson und Jenkins 2009). Hierzu zählen bislang eine lungenprotektive Beatmung, die Bauchlage, das Rekrutementmanöver und der Einsatz eines PEEP um zu einer Verbesserung des Ventilation-Perfusions-Verhältnisses und des Gasaustausches beizutragen (Demeyere et al. 2005, Adams und Fedullo. 2006, McNeil und Dunning 2007, Thomson und Jenkins 2009). Zusätzlich können Vasodilatoren wie inhaliertes NO (Puis et al. 2005, Adams und Fedullo 2006), Steroide wie Methylprednisolon (Kerr et al. 2012) oder Cylexin verabreicht werden (Kerr et al. 2000), bisher jedoch ohne gesicherten Nutzen. Ebenso können sich eine restriktive Flüssigkeitstherapie, gegebenenfalls mit negativer Bilanz und die Gabe von Diuretika positiv auf das Reperfusionslungenödem auswirken (Puis et al. 2005, Saouti et al. 2009). Als ultima ratio kann bei therapierefraktärem Reperfusionslungenödem eine veno-venöse extrakorporale Membranoxygenierung angewandt werden (Demeyere et al. 2005, Thistlethwaite et al. 2006b, Berman et al. 2008, Thomson und Jenkins 2009, Narayana et al. 2010).

### *Persistierende pulmonale Hypertonie*

Einen weiteren Risikofaktor für die frühe Mortalität nach Pulmonalis-Endarterektomie stellt die persistierende pulmonale Hypertonie nach dem Eingriff dar, die postoperativ zu einem akuten Rechtsherzversagen führen kann (D'Armini et al. 2005, Demeyere et al. 2005, Adams und Fedullo 2006, Roscoe und Klein 2008).

Als verlässlicher Prädiktor für die Mortalität hat sich dabei die Höhe des postoperativen pulmonal-vaskulären Widerstands erwiesen, die mit einem Wert über  $500 \text{ dyn} \times \text{s} \times \text{cm}^{-5}$  eine Mortalität von 25,5% bis 30,6% aufweisen konnte (Thistlethwaite et al. 2008, Jamieson 2011).

Eine fortbestehende pulmonale Hypertonie nach Pulmonalis-Endarterektomie kann einerseits durch eine unzureichende operative Abtragung der thrombembolischen Verschlüsse bzw. Verengungen der Pulmonalarterien begründet sein, andererseits kann eine präoperativ nicht erkannte inoperable Typ IV-Erkrankung nach der Jamieson-Klassifikation vorliegen (D'Armini et al. 2005, Demeyere et al. 2005, Adams und Fedullo 2006). Auch können postoperativ pulmonale Gefäßspasmen auftreten, verursacht durch Hypoxie und unsachgemäße Verwendung von Vasopressoren. Als weitere Faktoren, die zu einer pulmonalen Hypertonie und einem Rechtsherzversagen

beitragen können, werden hohe Tidalvolumina sowie hohe Beatmungsdrücke, die Persistenz einer schlechten präoperativen rechtsventrikulären Funktion und ein inadäquater koronararterieller Perfusionsdruckgradient angenommen (Thomson und Jenkins 2009).

Die Therapie kann mit inhaliertem Iloprost erfolgen, welches in zwei randomisierten, placebokontrollierten Doppelblindstudien einen günstigen Effekt auf die persistierende pulmonale Hypertonie gezeigt hat (Kramm et al. 2003, Kramm et al. 2005). Eine Verbesserung dieses Krankheitsbildes konnte auch durch Bosentan und Sildenafil in Studien bewirkt werden (Condliffe et al. 2008, Jaïs et al. 2008). Darüber hinaus können Diuretika, eine Flüssigkeitsrestriktion und Inotropika zur rechtsventrikulären Nachlastsenkung und Funktionsoptimierung eingesetzt werden (Adams und Fedullo 2006, Keogh et al. 2009, Thomson und Jenkins 2009, Mayer 2010). Ebenfalls konnten Takeuchi et al. (2005) in einer prospektiven Studie eine Verbesserung der Oxygenierung durch ein Rekrutmentmanöver mit nachfolgendem hohem PEEP bei hypoxämischen Patienten mit persistierender pulmonaler Hypertonie nach Pulmonalis-Endarterektomie aufzeigen. Da eine Hypoxämie aufgrund der begleitenden hypoxischen pulmonalen Vasokonstriktion vermieden werden sollte, kann sich eine solche Maßnahme auch mit einer kurzzeitigen Beeinträchtigung der kardialen Funktion als hilfreich erweisen (Thomson und Jenkins 2009). Als ultima ratio kann auch bei persistierender pulmonaler Hypertonie eine venovenöse oder bei begleitendem Rechtsherzversagen eine venoarterielle extrakorporale Membranoxygenierung durchgeführt werden (Thistlethwaite et al. 2006b, Berman et al. 2008, Narayana et al. 2010).

### *Pulmonale Blutungen*

Obwohl massive pulmonale Blutungen während bzw. nach der Pulmonalis-Endarterektomie selten sind, können sie zur postoperativen Mortalitätsrate beitragen (D'Armini et al. 2005, Thomson und Jenkins 2009).

Sie können durch unbeabsichtigte chirurgische Perforationen der fragilen pulmonal-arteriellen Gefäßwand verursacht sein. Die Perforationen können durch eine Dissektion in einer zu tiefen Ebene, übermäßiger Kraftaufwendung, Nichteinsehbarkeit des Dissektionsareals und / oder von stark mit der Gefäßwand verbackenen Thrombembolien herrühren (Thomson und Jenkins 2009). Ebenso kann es in der postoperativen Phase aufgrund eines Anstiegs des pulmonal-arteriellen Drucks zu

einem Einriss der Naht der rechten und/oder linken A. pulmonalis kommen (Mayer und Klepetko 2006).

In den meisten Fällen äußern sich die Perforationen nach der Entwöhnung vom kardiopulmonalen Bypass in massiven Blutungen aus dem Tubus und sind aufgrund ihrer distalen Lage schwer zu therapieren (Manecke et al. 2004, Thomson und Jenkins 2009). Je nach Lokalisation und Umfang der Perforationen kann es möglich sein die betroffenen Segmente zu übernähen oder mittels Ballonkatheter zu komprimieren (Manecke et al. 2004). Falls dies nicht möglich sein sollte, können Isolierungsmaßnahmen wie ein Doppellumentubus bzw. Bronchialblocker oder eine bronchoskopische Sanierung der Blutungsquelle zum Einsatz kommen (Manecke et al. 2004, Thomson und Jenkins 2009).

### 1.3 Onlinebefragung

Bei Onlineumfragen gelten zumeist die gleichen Regeln in Bezug auf die Item- und Fragebogenkonstruktion wie bei Offline-Studien (Jackob et al. 2009). Das Ziel für alle diese Untersuchungen sollte die fundierte Entwicklung von validen Fragen sein, die anhand einer repräsentativen Stichprobe glaubwürdige und unverzerrte Daten liefern (Todd 2003, Burns et al. 2008).

Zu Beginn der Fragebogenerstellung sollten Items durch die Auswertung gängiger Literatur oder mit Hilfe von Interviews oder Gruppensitzungen von Experten gebildet werden, um danach aus den entwickelten Ideen Fragen zu den jeweiligen Fachgebieten formulieren zu können. Um die Belastung der Umfrageteilnehmer zu minimieren, sollte die Item- und damit auch die Fragenanzahl in jedem Gebiet eingeschränkt werden (Burns et al. 2008). Bei der weiteren Entwicklung der Fragebögen sind eine enge Zusammenarbeit mit erfahrenen Statistikern, eine technische Überprüfung sowie ein Pretest zur Evaluierung des Umfragewerkzeugs, der Verständlichkeit der Fragen und der Korrektheit der Antwortmöglichkeiten hilfreich (Todd 2003, Burns et al. 2008, Kuckartz 2009). Weitere Beachtung sollte die korrekte Darstellung des Fragebogens in verschiedenen Browsern und Betriebssystemen/Softwareprogrammen, die ordentliche Funktion der Antwortformate und der Filtersetzung sowie die einwandfreie Übermittlung der Daten in das Umfrageprogramm finden (Reips 2002, Kuckartz 2009).

Um fehlerhafte Ergebnisse bei der Umfragedurchführung zu vermeiden und repräsentative Ergebnisse zu erreichen, sollte die Anzahl der fehlenden

Teilnehmerantworten minimiert werden. Dies kann mit kurzen, übersichtlichen Fragebögen, mit einer Belohnung bzw. einem finanziellen Anreiz, sowie der Kontaktierung der Teilnehmer mit persönlicher Anrede und gegebenenfalls erneuter Kontaktierung bei ausbleibender Antwort, erfolgen (Todd 2003, Jakob et al. 2009). Zusätzlich kann mit der „high-hurdle technique“ durch die Erfragung von persönlichen Angaben und die Angabe des Zeitrahmens der Umfrage, die Ernsthaftigkeit der Umfrage angesprochen und dadurch die Abbruchquote reduziert werden (Reips 2002, Thielsch und Weltzin 2009).

## 1.4 Ziel der Arbeit

Die CTEPH stellt eine seltene Erkrankung dar, welche in den meisten Fällen kurativ mit der Pulmonalis-Endarterektomie behandelt werden kann. Obwohl bereits eine standardisierte Operationstechnik vorliegt und mit zunehmender Erfahrung die Mortalitätsrate gesenkt werden konnte, ist anzunehmen, dass das Ergebnis nach Pulmonalis-Endarterektomie durch weitere Faktoren peri- und postoperativ beeinflusst wird. Bezüglich des anästhesiologischen und intensivmedizinischen Vorgehens liegen bis zum heutigen Zeitpunkt jedoch nur vereinzelt evidenzbasierte Studien von zum Teil fraglicher Qualität und wenige Erfahrungsberichte mit teilweise divergierenden Behandlungsstandards der operierenden Zentren vor. Auch in diesem Hinblick, und vor dem Aspekt der kontinuierlichen Entstehung von weltweiten PEA-Zentren, ist unklar, inwieweit in Anbetracht des perioperativen Managements eine einheitliche, praktische Vorgehensweise besteht.

Vor diesem Hintergrund wurden mit Hilfe einer ausführlichen Onlineumfrage an den weltweiten PEA-Expertenzentren retrospektiv Daten über das Vorgehen in den verschiedenen Teilbereichen der peri- und postoperativen Versorgung in den Fachdisziplinen Anästhesie, Intensivmedizin und Kardiotechnik gesammelt um das derzeitige Management abzubilden und mögliche Diskrepanzen zwischen den Zentren sowie im Kontext der aktuellen Literatur aufzuzeigen, welche als Ausgangspunkt für weitere Studien dienen können. Aufgrund der Fülle an erhaltenen Informationen beschränkt sich diese Arbeit auf Beatmung, Volumen- und Hämotherapie als wesentliche Bestandteile der Anästhesie und Intensivmedizin. Außerdem wird ein kurzer Ausblick auf als relevant wahrgenommene Forschungsgebiete gegeben.

Wichtige Teile dieser Arbeit wurden auf folgenden Kongressen vorgestellt:

- "International scientific and educational conference in CTEPH"  
2011 in Cambridge / Großbritannien
- "34<sup>th</sup> Annual Meeting of the Society of Cardiovascular Anesthesiologists"  
2012 in Boston / Massachusetts, USA
- "International CTEPH Conference" 2014 in Paris / Frankreich



## 2 Material und Methoden

### 2.1 Beschreibung des Messinstruments

Das für die Umfrage benutzte Messinstrument umfasst insgesamt sieben Fragebögen in englischer Sprache, die nach gründlicher Literaturrecherche von zwei Oberärzten für Anästhesie und Intensivmedizin sowie einem Kardiotechniker in Bezug auf die Betreuung von PEA-Patienten entwickelt wurden. In Zusammenarbeit mit einem Expertenteam, bestehend aus einem erfahrenen PEA-Chirurgen und dem ehemaligen Chefarzt der anästhesiologischen und intensivmedizinischen Abteilung des Universitätsklinikums Gießen, wurden diese sieben Fragebögen einer erneuten Revision unterzogen, bevor eine Pilotstudie mit Hilfe von zwei Pretests durchgeführt wurde.

Die sieben Fragebögen sind unterteilt in einen allgemeinen Fragebogen, sowie jeweils zwei Fragebögen zu anästhesiologischen, intensivmedizinischen und kardiotechnischen Aspekten bei der Pulmonalis-Endarterektomie. Die drei letztgenannten Themengebiete wurden aufgeteilt auf jeweils einen Fragebogen, welcher allgemeine Gesichtspunkte abfragte, und jeweils einen Fragebogen, für welchen statistische Kennwerte patientenbezogener, aggregierter Daten aus dem Jahr 2009 angegeben werden sollten. Die abgefragten Hauptgruppen der einzelnen Themengebiete sind in Tabelle 5 dargestellt und können detailliert in Form der Fragen aller Fragebögen im Anhang eingesehen werden.

<b>Allgemeiner Fragebogen</b>	Demographische Daten, Patientencharakteristika
<b>Anästhesie I- Fragebogen</b>	Präoperative Vorbereitungen & Prämedikation Anästhesiologische Maßnahmen & Monitoring Beatmungstherapie vor dem CPB Hämodynamische, Infusions- und Volumentherapie vor dem CPB Phase des CPB Hämodynamische(s) Therapie und Monitoring während und nach der Entwöhnung vom CPB Beatmung während und nach der Entwöhnung vom CPB Flüssigkeitstherapie und Antikoagulation nach dem CPB Patienten- und Datenmanagement
<b>Anästhesie II- Fragebogen</b>	Angaben zur Behandlung von Patienten mit HIT Typ 2

<b>Intensivmedizin I-Fragebogen</b>	Aufenthaltsdauer der Patienten Routinemäßige Untersuchungen Beatmungstherapie auf Intensiv Analgesedierung und medikamentöse Therapie Flüssigkeitstherapie, Volumenersatz und Hämotherapie Antikoagulation und Thromboseprophylaxe Hämodynamik Entfernung von Drainagen und Kathetern Patienten- und Datenmanagement
<b>Intensivmedizin II-Fragebogen</b>	Komplikationsmanagement im Jahr 2009
<b>Perfusionsmedizin I-Fragebogen</b>	Verwendete Materialien für den CPB Flüssigkeitsmanagement und Wahl des Priming-Volumens Durchführung der Perfusion mit Hilfe der Hypothermie Management des Säure-Basen-Haushalts Intraoperativer Hämatokrit
<b>Perfusionsmedizin II-Fragebogen</b>	Perfusionszeitangaben für das Jahr 2009

**Tabelle 5: Themengebiete der sieben eingesetzten Fragebögen**

Der allgemeine Fragebogen umfasst 11 Items (mit Unterpunkten), der Anästhesie I-Fragebogen 53 Items und der Anästhesie-Fragebogen II 2 Items. Im Intensivmedizin I-Fragebogen wurden 52 Items sowie 12 Items im Intensiv II-Fragebogen abgefragt. Der Perfusionsmedizin I-Fragebogen besteht aus 11 Items, wohingegen sich 3 Items im Perfusionsmedizin II-Fragebogen befinden.

Die Fragebögen bestehen sowohl aus offenen als auch geschlossenen Fragen, die mit Hilfe von Yes/No - Antwortmöglichkeiten, numerischen Eingaben, mehrfachen numerischen Eingaben, Mehrfachauswahlen, Einfachauswahlen, Listen, Textfragen mit mehrfachen numerischen Eingaben und freien Textfeldern umgesetzt wurden. Es wurden zum größten Teil geschlossene Antwortmöglichkeiten eingesetzt und Möglichkeiten von Freitexteingaben auf ein Minimum reduziert.

Zusätzlich wurden Bedingungen gesetzt, die dazu führten, dass die Teilnehmer nur bei bestimmten, festgelegten Antworten auf weitere Unterfragen weitergeleitet wurden. Um die Compliance der Teilnehmer zu erhöhen, wurden Fragen mit Pflichtantworten bis auf die einzige obligatorische Antwort zur Lokalisation der Klinik, vermieden.

Wo immer es die Software erlaubte, wurde außerdem eine relative „Plausibilitätskontrolle“ durch Begrenzung der Ziffernzahl bei numerischen Eingaben durchgeführt. Um eine bessere Übersichtlichkeit zu erhalten und ein langes „Scrollen“

der vielen Items zu vermeiden, wurde für jede der 2 bis 52 Items inklusive der Sub-Items eine eigene Seite erstellt.

## **2.2 Entwicklung der Fragebögen**

Die Fragebögen wurden zunächst auf Basis der Literaturrecherche und der Gruppensitzungen der beteiligten Mitglieder in enger Zusammenarbeit mit dem Institut für medizinische Statistik der Universität Gießen in einem Worddokument auf Deutsch entwickelt. Zeitgleich wurde ein Antrag bei der Ethikkommission der Justus-Liebig-Universität Gießen gestellt, die Zustimmung erfolgte am 18.09.2008 (AZ.: 113/08). Aufgrund des beabsichtigten Einsatzes in englischer Sprache wurden die Fragebögen zur Kontrolle durch zwei verschiedene Muttersprachler ins Englische und danach ins Deutsche zurückübersetzt. Ebenfalls wurden sämtliche Fragen durch Anästhesisten und Intensivmediziner aus Kanada und England sowie einer Kardiotechnikerin aus Kanada im Englischen umformuliert und dadurch präzisiert. Danach erfolgte die Übernahme der finalen englischsprachigen Fragebögen in das Programm „LimeSurvey“ und die Durchführung von zwei Pretests mit Anästhesisten, Intensivmediziner und Perfusionstechnikern, die nicht an der Umfrage beteiligt waren, um die Verständlichkeit der Fragen, die Darstellung der Onlinefragebögen zu überprüfen und mögliche Fehlerquellen zu eliminieren.

## **2.3 Auswahl der teilnehmenden Kliniken und praktische Durchführung der Onlinebefragung**

Aufgrund des limitierten Einsatzes der Pulmonalis-Endarterektomie an wenigen weltweiten Zentren, wurden die entsprechenden Zentren auf der Gründungsversammlung des sog. „surgeons club“ der internationalen CTEPH-Gesellschaft in Zusammenarbeit mit dem an der Umfrage beteiligten, renommierten PEA-Chirurgen im Herbst 2009 identifiziert. Dabei wurde für die Auswahl der teilnehmenden Zentren per Expertenrating ein Operationsaufkommen von mindestens 10 Pulmonalis-Endarterektomien pro Jahr als Einschlusskriterium festgelegt, wodurch 27 weltweite Zentren ausgewählt werden konnten.

Mittels Internetrecherche und der Beteiligung des international renommierten PEA-Chirurgen Prof. Dr. med. Eckhard Mayer (Kerckhoff-Klinik, Bad Nauheim), wurden die Email-Kontaktadressen der jeweils für das Zentrum zuständigen chirurgischen Leiter der PEA-Programme unter anderem bei der Gründung des „surgeons club“

akquiriert und ermittelt. Um eine höchstmögliche Beteiligung zu erreichen, wurden alle 27 chirurgischen Leiter der ausgewählten PEA-Zentren persönlich durch unsere Studiengruppe am 27.05.2010 per Email angeschrieben. Das persönliche Schreiben (siehe Anhang) enthielt neben dem Link zu dem allgemeinen Fragebogen die Bitte um Benennung eines für die peri- und postoperative Betreuung von PEA-Patienten zuständigen Mitarbeiters aus den Fachgebieten Anästhesie, Intensivmedizin und Kardiotechnik des jeweiligen Zentrums, sowie den Wunsch auf Zusendung der betreffenden Email-Kontaktadressen. Der Link des allgemeinen Fragebogens war auf der Internetseite des Hochschulrechenzentrums der Universität Gießen unter <https://opinio.hrz.uni-giessen.de/limesurvey/index.php?sid=84468&lang=en> (aufgerufen am 28.07.2011) für die jeweiligen chirurgischen Leiter der PEA-Programme einzusehen.

Die Mitarbeiter der entsprechenden Fachgebiete erhielten daraufhin gesondert eine persönliche Email von unserer Studiengruppe mit den Links zu den beiden Fragebögen der Anästhesie, Intensivmedizin und Kardiotechnik. Diese enthielt darüber hinaus ein Worddokument, welches eine Übersicht über die Fragen des zweiten Fragebogens bot und damit eine Übertragung von Daten aus abteilungseigenen Datenbanken erleichtern sollte. Für Ärzte in der Anästhesie war der erste Fragebogen unter der Internetseite <https://opinio.hrz.uni-giessen.de/limesurvey/index.php?sid=66731&lang=en> (aufgerufen am 28.07.2011) sowie der zweite Teil unter <https://opinio.hrz.uni-giessen.de/limesurvey/index.php?sid=67538&lang=en> (aufgerufen am 28.07.2011) aufzufinden. Den teilnehmenden Intensivmedizinern wurde der Link für den ersten Teil der Befragung unter <https://opinio.hrz.uni-giessen.de/limesurvey/index.php?sid=43739&lang=en> (aufgerufen am 28.07.2011) sowie der zweite Teil unter <https://opinio.hrz.uni-giessen.de/limesurvey/index.php?sid=14916&lang=en> (aufgerufen am 28.07.2011) zur Verfügung gestellt. Die jeweiligen Kardiotechniker hatten unter den beiden Links, <https://opinio.hrz.uni-giessen.de/limesurvey/index.php?sid=42247&lang=en> (aufgerufen am 28.07.2011) für den ersten Teil und <https://opinio.hrz.uni-giessen.de/limesurvey/index.php?sid=31622&lang=en> (aufgerufen am 28.07.2011) für den zweiten Teil, die Möglichkeit sich an der Umfrage zu beteiligen. Die in einen Fragebogen I und II aufgeteilten Links der jeweiligen Fachabteilungen ermöglichten den zuständigen Mitarbeitern einen direkten Zugriff auf die für sie wichtigen Fragebögen und nach Teilnahme die Einsortierung in sieben getrennte Datenbanken für die anschließende Auswertung. Durch das Worddokument, welches einen Überblick über den Fragebogen II bot, wurde den Mitarbeitern die Möglichkeit gegeben Daten

bereits vor dem Ausfüllen des Fragebogens schriftlich festzuhalten und diese bei der anschließenden Onlineumfrage direkt in das Umfragesystem einzugeben.

Jede Email und jede Startseite der sieben Onlinefragebögen enthielt zudem eine kurze Instruktion zur Bearbeitung der Fragen, den Hinweis auf die freiwillige Teilnahme und die Zusicherung der Anonymität durch eine Verschlüsselung bei der Dateneingabe (siehe Anhang).

Um möglichen ethischen Konflikten bei der patientenbezogenen Datenübertragung vorzubeugen, wurde zusätzlich auf die Kontaktierung der regulär für das jeweilige Zentrum zuständigen Ethikkommission verwiesen.

Sofern nach einer gewissen Zeit die Onlinefragebögen durch die kontaktierten Bezugspersonen nicht beantwortet worden waren, wurden in größeren Zeitabständen insgesamt bis zu drei Erinnerungsmails („Reminder“) an die entsprechenden Personen geschickt, um die Compliance zur Teilnahme und damit die Antwortquote an der Umfrage zu erhöhen. Da nach einer Laufzeit der Onlineumfrage von insgesamt 13 Monaten nicht mehr mit weiteren Teilnahmen durch die kontaktierten Personen gerechnet werden konnte, wurde die Datenerfassung Ende Juni 2011 eingestellt.

## **2.4 Auswahl der in der vorliegenden Arbeit enthaltenen Daten**

Der gesamte Umfang der Umfrage erstreckte sich auf einen allgemeinen Fragebogen und jeweils zwei Fragebögen zu den Gebieten Anästhesie, Intensivmedizin und Kardiotechnik. Um das gesamte Spektrum der genannten Gebiete zu erfassen, wurde zu jedem Teilgebiet ein Fragenkatalog mit einer Vielzahl von Fragen konzipiert und abgefragt. Angesichts der Fülle der in allen sieben Fragebögen enthaltenen Informationen musste sich zum Zweck der Erstellung der vorliegenden Arbeit auf ein reduziertes Maß an Items beschränkt werden. Um sicherzustellen, dass es nicht zu einer Selektion von „erwünschten“ Ergebnissen kommt, erfolgte die Auswahl der Themen durch die Autorin und den wissenschaftlichen Betreuer ohne vorherige Kenntnis und Analyse der Daten. Eine nachfolgende Auflistung der dafür ausgewählten Fragen aus dem allgemeinen, den beiden anästhesiologischen und intensivmedizinischen Fragebögen sowie einem Fragebogen zur Kardiotechnik soll hierbei eine erste Übersicht bieten. Alle ausgewählten Aspekte enthalten in Klammern die Nummerierung, die der Onlineumfrage im Anhang entspricht.

Die aus dem allgemeinen Fragebogen ausgewählten Aspekte:

- Gesamtanzahl der PEA-Patienten bis zum Jahr 2010/11 (Frage 3)
- Gesamtanzahl der PEA-Patienten im Jahr 2009 (Frage 7)
- Krankenhausmortalitätsrate nach PEA im Jahr 2009 (Frage 11.1)
- Alter der Patienten zum Zeitpunkt der PEA im Jahr 2009 (Frage 8)
- Geschlechterverteilung der PEA-Patienten im Jahr 2009 (Frage 9)
- Routinemäßiger präoperativer Einsatz eines Vena cava-Filters (Frage 5)

Die aus dem Anästhesie I- Fragebogen bei PEA ausgewählten Aspekte:

- Vorliegen eines Standardbeatmungsmodus vor dem CPB und zusätzliche Informationen zu einzelnen Parametern (Frage 20 bis 20.2)
- Vorliegen eines Standardbeatmungsmodus nach dem CPB und zusätzliche Informationen zu einzelnen Parametern (Frage 45 bis 45.2)
- Routinemäßige Verabreichung von allogenen Blutprodukten oder Gerinnungsfaktoren nach dem CPB (Frage 46 bis 46.1)
- Für die weitere Forschung im Bereich des anästhesiologischen Managements bei PEA als wichtig erachtete Themenbereiche (Frage 53)

Die aus dem Intensiv I- und II\*- Fragebogen bei PEA ausgewählten Aspekte:

- Anzahl der PEA-Patienten auf der Intensivstation im Jahr 2009 (Frage 1\*)
- Vorliegen eines Standardbeatmungsmodus nach PEA auf Intensivstation und zusätzliche Informationen zu einzelnen Parametern (Frage 11 bis 11.1)
- Einschätzung über die wichtigsten Ursachen für eine verzögerte Extubation (Frage 15)
- Vorliegen einer Leitlinie für die Flüssigkeitsbilanzierung auf der Intensivstation nach PEA und genaue Angaben hierzu (Frage 25 bis 25.1)
- Nach PEA verwendete Infusionslösungen auf Intensivstation (Frage 27)
- Vorliegen eines Hb-/Hkt-Grenzwerts für die Transfusion von EKs nach PEA und genaue Angaben hierzu (Frage 28 bis 28.1)
- Anzahl der Patienten mit größeren neurologischen Komplikationen nach PEA im Jahr 2009 (Frage 4\*)
- Anzahl der Patienten mit einem Delir nach PEA im Jahr 2009 (Frage 5\*)
- Anzahl der Patienten mit einem ARDS nach PEA im Jahr 2009 (Frage 6\*)
- Anzahl der Patienten mit einem massiven pulmonalen Reperfusionslungenödem nach PEA im Jahr 2009 (Frage 7\*)

- Anzahl der Patienten mit einer Rethrombosierung der Aa. pulmonales nach PEA im Jahr 2009 (Frage 8\*)
- Anzahl der Patienten mit einer massiven Nachblutung nach PEA im Jahr 2009 (Frage 9\*)
- Für die weitere Forschung im Bereich des postoperativen Managements nach PEA als wichtig erachtete Themenbereiche (Frage 52)

Der aus dem Perfusion I- Fragebogen bei PEA ausgewählte Aspekt:

- Verwendung einer tiefen Hypothermie (Frage 7 bis 7.1)

## 2.5 Datenauswertung und statistische Methoden

Die mit Hilfe der Software „LimeSurvey“ gewonnenen Ergebnisse wurden nach der Durchführung der Onlineumfrage direkt in das Statistikprogramm „IBM SPSS Statistics 19-22“ (IBM Corporation, Armonk, New York, USA / IBM Deutschland GmbH, Ehingen) für Windows eingespeist und die Variablen mit Labeln versehen.

Die Ergebnisse wurden größtenteils deskriptiv mit Hilfe des Medians, der Minima und Maxima beschrieben. In der Umfrage abgefragte statistische Kennwerte von aggregierten Patientendaten der teilnehmenden Zentren wurden ebenfalls mit oben genannten Parametern sowie dem arithmetischen Mittelwert dargestellt. Um eine übersichtliche Darstellung zu gewährleisten, wurden Kreuztabellen mit Angabe der absoluten und relativen (prozentualen) Häufigkeit sowie Balkendiagramme eingesetzt. Sofern eine zusätzliche Freitextangabe in den analysierten Feldern/Gesichtspunkten wichtige Informationen der Ausfüllenden bereit hielt, wurden die Angaben in den Ergebnisteil übernommen.

Eine zusätzliche explorative Datenanalyse wurde für folgende Hypothesen durchgeführt:

- Einfluss der OP-Erfahrung (d.h. die Gesamtanzahl der bis zum Jahr 2010/2011 operierten PEA-Patienten) auf die Krankenhausmortalitätsrate
- Einfluss des Patientenalters auf die Krankenhausmortalitätsrate
- Einfluss des weiblichen Geschlechts auf die Krankenhausmortalitätsrate
- Einfluss des routinemäßigen, präoperativen Einsetzens eines Vena cava-Filters auf die Krankenhausmortalitätsrate
- Einfluss der routinemäßigen, intraoperativen Gabe von Blutprodukten auf die Krankenhausmortalitätsrate

Die explorative Datenanalyse erfolgte mit Unterstützung der Statistikberatung des Instituts für medizinische Informatik der Universität Gießen (Ehemaliger Leiter: Dr. H. R. Bödecker). Hierfür kam das Programm „SAS V 9.3“ (SAS Institute, Cary, North Carolina, USA) zum Einsatz. Aufgrund eines geringen Stichprobenumfangs von bis zu 16 Zentren wurde das generalisierte lineare Modell zur Ermittlung der Zusammenhänge eingesetzt. Aufgrund einer binomialen Verteilung der Daten sowie der geringen Stichprobengröße wurde auf die Logit-Linkfunktion zurückgegriffen um die Zusammenhänge explorativ zu analysieren. Eine Irrtumswahrscheinlichkeit von  $p < 0,1$  wurde als signifikant eingestuft, alle darüberliegenden Ergebnisse der Hypothesen wurden entsprechend verworfen.

Für eine geordnete Übersicht über die Ergebnisse wurde auf eine Unterteilung in eine explorative und eine deskriptive Datenanalyse verzichtet und die Ergebnisse der explorativen in die deskriptive Datenanalyse integriert.

Die Textpräsentation wurde mit dem Programm „Microsoft Office Word 2007“ (Microsoft Deutschland GmbH, Unterschleißheim) und die Tabellen wurden mit dem Programm „Microsoft Office Excel 2007“ (Microsoft Deutschland GmbH, Unterschleißheim) erstellt. Mit Unterstützung des universitätsexternen Statistikers Dr. Johannes Herrmann (Statistikberatung Gießen) wurden die Diagramme dieser Arbeit aus dem Excelformat in ein SPSS-Format umgewandelt, wofür zusätzlich die Programme „IBM SPSS Statistics 22“ und „IBM SPSS smartreader 22“ (beide IBM Corporation, Armonk, New York, USA / IBM Deutschland GmbH, Ehningen) zum Einsatz kamen.



### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Rücklaufquote sowie Patienten- und Klinikkollektiv

##### 3.1.1 Rücklaufquote

Eine Übersicht über die Rücklaufquote der einzelnen Fragebögen ist in Tabelle 6 zu sehen. Hierbei zeigt sich, dass sowohl der allgemeine Fragebogen als auch die Anästhesie I- und Intensiv I-Fragebögen neben den Perfusionsfragebögen am häufigsten von allen teilnehmenden Zentren beantwortet wurden.

Fragebogen	Rücklaufquote (absolut)	Rücklaufquote (in %)
Allgemeiner FB	16	59,3
Anästhesie I - FB	14	51,9
Anästhesie II - FB	13	48,1
Intensiv I - FB	15	55,6
Intensiv II - FB	10	37,0
Perfusion I - FB	15	55,6
Perfusion II - FB	14	51,9

**Tabelle 6: Absolute und relative Rücklaufquote der einzelnen Fragebögen  
(n=27 Zentren; FB: Fragebogen)**

Alle bis Ende Juni 2011 eingegangenen Fragebögen wurden in die statistische Auswertung aufgenommen. Obwohl 5 von 16 teilgenommenen Kliniken (31,3%) des allgemeinen Fragebogens das initial festgesetzte Einschlusskriterium „10 Pulmonalis-Endarterektomien im Jahr 2009“ nicht erfüllten, wurden diese dennoch in die Studie eingeschlossen. Die Gründe hierfür lagen einerseits darin, dass diese Kliniken gemäß den Angaben der verantwortlichen chirurgischen Leiter des PEA-Programms in den Jahren vor dem Jahr 2009 regelmäßig zehn oder mehr Pulmonalis-Endarterektomien durchgeführt hatten. Andererseits wurde durch die weltweit geringe Anzahl an Zentren, die diesen Eingriff durchführen, die Antworten der Zentren mit weniger als den festgelegten Mindestoperationen im Jahr 2009 aufgrund entsprechender Vorerfahrung und Routine als wichtig erachtet. Aus den gleichen Gründen wurde ein Zentrum, welches nur Angaben aus dem Jahr 2010 bereitstellen konnte, in die Auswertung der Ergebnisse integriert. Falls nicht gesondert erwähnt, wird sich bei den Ergebnissen auch auf dieses Zentrum bezogen.

Obwohl die insgesamt sieben verschiedenen Fragebögen an unterschiedliche Kontaktpersonen verschickt wurden, konnte aufgrund der Pflichtfrage zur Lokalisation der Klinik bei der Durchsicht aller Fragebögen eine Übereinstimmung der Zentren, die

den allgemeinen Fragebogen ausgefüllt hatten, mit den Zentren, die die restlichen Fragebögen beantwortet hatten, festgestellt werden.

### 3.1.2 Patienten-und Klinikkollektiv

#### *Gesamtanzahl der PEA-Patienten bis zum Jahr 2010/11*

Zur Frage über die Anzahl der bis zum Jahr 2010/11 durchgeführten PEA-Operationen konnten von allen 16 teilnehmenden Zentren des allgemeinen Fragebogens Angaben gemacht werden. Die Gesamtzahl der operierten Patienten seit Beginn der jeweiligen Programme reichte von 22 bis zu 2600 Patienten (Median: 145,5 Patienten). Die Gesamtzahl der in allen teilnehmenden Zentren seit Beginn der Programme operierten Patienten betrug 5452 Patienten.

#### *Gesamtanzahl der PEA-Patienten im Jahr 2009*

Zur Frage über die Anzahl der durchgeführten PEA-Operationen im Jahr 2009 konnten von allen 16 teilnehmenden Zentren des allgemeinen Fragebogens Angaben gemacht werden. Im Jahr 2009 wurden zwischen 3 und 126 Patienten operiert (Median: 16,5 Patienten), was einer Gesamtzahl von 473 Patienten aller teilnehmenden Zentren im Jahr 2009 entspricht. Ein Zentrum konnte nur Daten von im Jahr 2010 durchgeführten Pulmonalis-Endarterektomien (n= 17 Patienten) vorlegen, weshalb möglicherweise differierende Ergebnisse des Zentrums für das Jahres 2009 nicht auszuschließen sind.

Insgesamt wurden an 11 von 16 Kliniken (68,8%) 10 oder mehr Patienten im Jahr 2009 operiert. Obwohl das Einschlusskriterium „10 oder mehr Pulmonalis-Endarterektomien im Jahr 2009“ von fünf Zentren nicht erfüllt wurde, wurden diese nach mehreren Überlegungen und wie bereits geschildert, dennoch in die statistische Auswertung mit einbezogen.

#### *Krankenhausmortalitätsrate nach PEA im Jahr 2009*

Zur Frage über die Krankenhausmortalitätsrate nach Pulmonalis-Endarterektomie im Jahr 2009 konnten von allen 16 teilnehmenden Zentren des allgemeinen Fragebogens Angaben in Form von absoluten Patientenzahlen gemacht werden. Die aus den absoluten Zahlen der verstorbenen PEA-Patienten und der Anzahl der durchgeführten PEA-Operationen im Jahr 2009 (mit einer Angabe aus dem Jahr 2010) von allen teilnehmenden Zentren ermittelte durchschnittliche Krankenhausmortalitätsrate betrug 6,3% (n=28 von 473 Patienten; Median: 7,1%, Spannweite: 0-25%). Die höchste Mortalitätsrate wurde von einem Zentrum mit 16 durchgeführten PEA-Operationen im

Jahr 2009 mit 25% (4 von 16 operierten Patienten verstorben) ermittelt. 3 der 5 Zentren, die weniger als 10 PEA-Operationen im Jahr 2009 durchgeführt hatten, wiesen eine Mortalitätsrate von 0,0% auf.

- *Hypothese: Einfluss der OP-Erfahrung (d.h. der Gesamtanzahl der bis zum Jahr 2010/2011 operierten PEA-Patienten) auf die Krankenhausmortalitätsrate*

Um die Hypothese zu überprüfen, wurden die Daten der Variable „Anzahl der im Jahr 2009 verstorbenen PEA-Patienten“ und der Variable „Gesamtanzahl der Patienten bis zum Jahr 2010/2011“ herangezogen. Da die Ergebnisse der Variable „Anzahl der im Jahr 2009 verstorbenen PEA-Patienten“ binomial verteilt waren (generalisiertes lineares Modell) und ein Stichprobenumfang von 16 Zentren vorlag, erfolgte die Berechnung mit Hilfe der Logit-Linkfunktion. Hiermit ergab sich ein Hinweis auf einen Einfluss der OP-Erfahrung auf die Krankenhausmortalitätsrate ( $p: 0,06$ ). Die Hypothese kann somit bestätigt werden. Eine weiterführende statistische Analyse zu möglichen weiteren Einflussfaktoren in diesem Modell war aufgrund des geringen Stichprobenumfangs nicht möglich.

#### *Alter der Patienten zum Zeitpunkt der PEA im Jahr 2009*

Zur Frage über das Patientenalter im Jahr 2009 konnten 15 der 16 teilnehmenden Zentren Angaben zum minimalen Alter (*Median: 29,0 Jahre, Spannweite: 13-46 Jahre*), zum maximalen Alter (*Median: 78,8 Jahre, Spannweite: 66-84 Jahre*; von 2 Zentren mit Nachkommastelle angegeben) und zum Altersmedian (*Median: 59,0 Jahre, Spannweite: 46,7-67,0 Jahre*) machen. Insgesamt wies das Alter einen Median von 59 Jahren und eine Spannweite von 13 bis 84 Jahre auf.

- *Hypothese: Einfluss des Patientenalters auf die Krankenhausmortalitätsrate*

Um die Hypothese zu überprüfen, wurden die Daten der Variable „Anzahl der im Jahr 2009 verstorbenen PEA-Patienten“ und der Variable „Patientenalter im Jahr 2009“ (drittes Quartil) herangezogen. Da die Ergebnisse der Variable „Anzahl der im Jahr 2009 verstorbenen PEA-Patienten“ binomial verteilt waren (generalisiertes lineares Modell) und ein Stichprobenumfang von 16 Zentren vorlag, erfolgte die Berechnung mit Hilfe der Logit-Linkfunktion. Hiermit ergab sich bei Vorliegen eines  $p$ -Werts von 0,65 kein Hinweis auf einen Einfluss des Alters der Patienten auf die Krankenhausmortalität. Die Hypothese kann somit nicht bestätigt werden und muss verworfen werden. Eine weiterführende statistische Analyse zu möglichen weiteren

Einflussfaktoren in diesem Modell war aufgrund des geringen Stichprobenumfangs nicht möglich.

#### *Geschlechterverteilung der PEA-Patienten im Jahr 2009*

Zur Frage über die Verteilung von männlichen und weiblichen Patienten im Jahr 2009 konnten von 15 der 16 Zentren Angaben gemacht werden (n= 465 Patienten/-innen). Aufgrund der fehlenden Angabe einer Klinik sind keine Angaben zu dem Geschlecht von 8 Patienten/-innen vorhanden. Insgesamt wurden mit 241 männlichen Patienten (52%) geringfügig mehr männlich als weibliche Patienten (48%) operiert.

##### *➤ Hypothese: Einfluss des weiblichen Geschlechts auf die Krankenhausmortalitätsrate*

Um die Hypothese zu überprüfen, wurden die Daten der Variable „Anzahl der im Jahr 2009 verstorbenen PEA-Patienten“ und der Variable „Anzahl der weiblichen Patienten im Jahr 2009“ herangezogen. Da die Ergebnisse der Variable „Anzahl der im Jahr 2009 verstorbenen PEA-Patienten“ binomial verteilt waren (generalisiertes lineares Modell) und ein Stichprobenumfang von 15 Zentren vorlag, erfolgte die Berechnung mit Hilfe der Logit-Linkfunktion. Hiermit ergab sich bei Vorliegen eines p-Werts von 0,67 kein Hinweis auf einen Einfluss des weiblichen Geschlechts auf die Krankenhausmortalität. Die Hypothese kann somit nicht bestätigt werden und muss verworfen werden. Eine weiterführende statistische Analyse zu möglichen weiteren Einflussfaktoren in diesem Modell war aufgrund des geringen Stichprobenumfangs nicht möglich.

#### *Routinemäßiger präoperativer Einsatz eines Vena cava-Filters*

Zur Frage nach dem routinemäßigen Einsetzen eines Vena cava-Filters konnten alle der 16 Kliniken Angaben machen. Bei der Hälfte aller Zentren (50,0%) wurde dabei routinemäßig präoperativ ein Filter eingesetzt.

##### *➤ Hypothese: Einfluss des routinemäßigen, präoperativen Einsetzens eines Vena cava-Filters auf die Krankenhausmortalitätsrate*

Um die Hypothese zu überprüfen, wurden die Daten der Variable „Anzahl der im Jahr 2009 verstorbenen PEA-Patienten“ und der Variable „routinemäßiger Einsatz eines Vena cava-Filters“ (in nominalen Werten) herangezogen. Da die Ergebnisse der Variable „Anzahl der im Jahr 2009 verstorbenen PEA-Patienten“ binomial verteilt waren (generalisiertes lineares Modell) und ein Stichprobenumfang von 16 Zentren vorlag, erfolgte die Berechnung mit Hilfe der Logit-Linkfunktion. Hiermit ergab sich bei Vorliegen eines p-Werts von 0,97 kein Hinweis auf einen Einfluss des präoperativen Einsetzens eines Vena cava-Filters auf die Krankenhausmortalität. Die Hypothese

kann somit nicht bestätigt werden und muss verworfen werden. Eine weiterführende statistische Analyse zu möglichen weiteren Einflussfaktoren in diesem Modell war aufgrund des geringen Stichprobenumfangs nicht möglich.

## 3.2 Anästhesiologische Aspekte

### 3.2.1 Beatungsmanagement

*Vorliegen eines Standardbeatungsmodus vor dem CPB und zusätzliche Informationen zu einzelnen Parametern*

An 11 der 14 teilnehmenden Zentren (78,6%) des Anästhesie I-Fragebogens war vor dem kardiopulmonalem Bypass ein standardisiertes Beatungsregime vorhanden. 10 Zentren (71,4%) nutzten eine volumenkontrollierte Beatmung (VCV), ein Zentrum (7,1%) favorisierte eine druckkontrollierte Beatmung (PCV) vor dem kardiopulmonalen Bypass. Zu drei Zentren lagen keine Aussagen vor, da sie aufgrund des Fehlens eines Standardbeatungsmodus nicht zu den weiteren Angaben bezüglich der Art des Standardmodus und der Standardeinstellungen in der Umfrage weitergeleitet wurden.

Nähere Angaben zu den verwendeten Standardparametern konnten zwischen 8 und 10 Zentren machen, diese sind in Tabelle 7 dargestellt. Aufgrund der Angabe einer Spannweite durch ein Zentrum beim verwendeten Tidalvolumen wurde aus dieser ein Mittelwert errechnet und in die Auswertung mit einbezogen.

Statistische Parameter	AF (min <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>	Tidalvolumen (ml/kgKG) <sup>2</sup>	PEEP (mbar) <sup>3</sup>	I:E-Verhältnis <sup>1</sup>
Minimum	12	6	3	1:1
Maximum	20	10	8	1:3
<b>Median</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>1:2</b>

**Tabelle 7: Nähere Angaben zu den Standardbeatungsparametern vor dem CPB (Antworten von n= <sup>1</sup>10, <sup>2</sup>9 und <sup>3</sup>8 Zentren; AF: Atemfrequenz, KG: Körpergewicht; Daten aus dem Anästhesie I- Fragebogen)**

Wie in der Tabelle zu sehen, lagen bei der Atemfrequenz, dem Tidalvolumen, dem PEEP und dem I:E-Verhältnis große Spannweiten vor, jedoch wurden bis auf wenige Ausnahmen ähnliche Standardparameter gewählt, wie anhand des Medians ersichtlich ist.

### *Vorliegen eines Standardbeatmungsmodus nach dem CPB und zusätzliche Informationen zu einzelnen Parametern*

Nach dem kardiopulmonalen Bypass war an 11 von 14 der teilnehmenden Zentren (78,6%) des Anästhesie I-Fragebogens ein Standardbeatmungsmodus vorhanden. 7 der 14 Zentren (50,0%) nutzten eine volumenkontrollierte Beatmung (VCV), die Nutzung der druckkontrollierten Beatmung (PCV) stieg jedoch auf 4 Zentren (28,6 %) gegenüber dem Standardmodus vor dem kardiopulmonalen Bypass an. Zu drei Zentren lagen keine Aussagen vor, da sie aufgrund des Fehlens eines Standardbeatmungsmodus nicht zu den weiteren Angaben bezüglich der Art des Standardmodus und der Standardeinstellungen in der Umfrage weitergeleitet wurden.

Nähere Angaben zu den verwendeten Standardparametern konnten zwischen 9 und 11 Zentren machen, diese sind in Tabelle 8 dargestellt. Aufgrund der Angabe einer Spannweite durch ein Zentrum bei der verwendeten Atemfrequenz wurde der Mittelwert hieraus errechnet und in die Statistik mit einbezogen.

Statistische Parameter	AF (min <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>	Tidalvolumen (ml/kgKG) <sup>3</sup>	PEEP (mbar) <sup>2</sup>	I:E-Verhältnis <sup>3</sup>
Minimum	12	5	3	1:1
Maximum	20	8	10	1:4
<b>Median</b>	<b>14</b>	<b>8</b>	<b>6,5</b>	<b>1:2</b>

**Tabelle 8: Nähere Angaben zu den Standardbeatmungsparametern nach dem CPB (Antworten von n= <sup>1</sup>11, <sup>2</sup>10 und <sup>3</sup>9 Zentren; AF: Atemfrequenz, KG: Körpergewicht, Daten aus dem Anästhesie I-Fragebogen)**

Wie in der Tabelle zu sehen, lagen insbesondere bei der Atemfrequenz, dem PEEP und dem I:E-Verhältnis große Spannweiten vor, jedoch wurden bis auf wenige Ausnahmen ähnliche Standardparameter gewählt, wie anhand des Medians ersichtlich ist.

### 3.2.2 Hämotherapie

#### *Routinemäßige Verabreichung von allogenen Blutprodukten oder Gerinnungsfaktoren nach dem CPB*

Alle 14 Zentren des Anästhesie I-Fragebogens konnten bezüglich der routinemäßigen Gabe von Blutprodukten oder Gerinnungsfaktoren nach dem kardiopulmonalen Bypass Angaben machen. An 9 dieser 14 Zentren (64,3%) fand eine routinemäßige Gabe der oben genannten Produkte statt. Tabelle 9 stellt die Arten und Häufigkeit der verabreichten Blutprodukte dar. Es ist ersichtlich, dass am häufigsten FFPs und

Thrombozytenkonzentrate verabreicht wurden. Aufgrund der verneinten Angabe bezüglich der routinemäßigen Gabe von Blutprodukten, wurden 5 Zentren nicht zu den weiteren Angaben bezüglich der Art und Häufigkeit der verabreichten Blutprodukten weitergeleitet und somit liegen von diesen Zentren neben einzelnen, fehlenden Angaben der weitergeleiteten Teilnehmer keine Angaben vor.

Verwendetes Blutprodukt / Gerinnungsfaktor	Häufigkeit (absolut)	Häufigkeit (in %)
Frischplasma (FFP)	9	64,3
Thrombozytenkonzentrate	7	50,0
Erythrozytenkonzentrate	5	35,7
*"Cryoprecipitate"	4	28,6
Antithrombin III	2	14,3
Fibrinogen	1	7,1
Rekombinanter Faktor VIIa	0	0,0

**Tabelle 9: Absolute und relative Häufigkeit der intraoperativ verabreichten Blutprodukte und Gerinnungsfaktoren (Antworten von n=9 Zentren; Daten aus dem Anästhesie I- Fragebogen; \*"Cryoprecipitate" ist ein in Nordamerika gebräuchliches Plasmaderivat, das Fibrinogen, von-Willebrand-Faktor, Faktor VIII, Faktor XIII und Fibronektin enthält)**

- *Hypothese: Einfluss der routinemäßigen, intraoperativen Gabe von Blutprodukten auf die Krankenhausmortalitätsrate*

Um die Hypothese zu überprüfen, wurden die Daten der Variable „Anzahl der im Jahr 2009 verstorbenen PEA-Patienten“ und der Variable „routinemäßige intraoperative Gabe von Blutprodukten“ (in nominalen Werten) herangezogen. Da die Ergebnisse der Variable „Anzahl der im Jahr 2009 verstorbenen PEA-Patienten“ binomial verteilt waren (generalisiertes lineares Modell) und ein Stichprobenumfang von 16 Zentren vorlag, erfolgte die Berechnung mit Hilfe der Logit-Linkfunktion. Hierbei ergab sich ein Hinweis auf einen Einfluss der routinemäßigen intraoperativen Gabe von Blutprodukten auf die Krankenhausmortalität ( $p: 0,03$ ). Die Hypothese kann somit bestätigt werden. Eine weiterführende statistische Analyse zu möglichen weiteren Einflussfaktoren in diesem Modell war aufgrund des geringen Stichprobenumfangs nicht möglich.

### 3.2.3 Bedarf für weitere Forschung

Die vorgegebenen Themengebiete bezüglich des anästhesiologischen Managements bei Pulmonalis-Endarterektomie beantworteten zwischen 7 und 11 Zentren. Da durch die Umfragesoftware die Antwortoption „no answer“ bereits gewählt war und durch manche Zentren nicht auf „yes“ oder „no“ geklickt wurde, wurden diese Antworten unter

„fehlend“ zusammengefasst. In Tabelle 10 ist eine Übersicht über die vorgegebenen Themengebiete und die gegebenen Antworten der teilnehmenden Zentren ersichtlich. Von 9 der 14 Zentren (64,3%) des Anästhesie I-Fragebogens wurde die Forschung in Bezug auf das Neuromonitoring und die Neuroprotektion bei Pulmonalis-Endarterektomie als wichtig angesehen. Weiteres Interesse bestand bei den teilnehmenden Zentren auch für die Antikoagulationstherapie bei Patienten mit HIT Typ II. Das Interesse der teilnehmenden Zentren an den weiteren vorgegebenen Themengebieten für die zukünftige Forschung ist mit absoluter und relativer Häufigkeit der mit „Ja“ gegebenen Antworten in unten stehender Tabelle (Tabelle 10) dargestellt.

Themengebiete	Häufigkeit JA (absolut)	Häufigkeit NEIN (absolut)	Häufigkeit FEHLEND (absolut)	Häufigkeit JA (in %)*
Neuroprotektion	9	1	4	64,3
Neuromonitoring	9	2	3	64,3
Antikoagulationstherapie für Patienten mit HIT Typ II	8	1	5	57,1
Pulmonale Vasodilatationstherapie nach CPB	7	2	5	50,0
Therapie des Rechtsherzversagens nach CPB	7	3	4	50,0
Antifibrinolytische Therapie (allgemein)	6	2	6	42,9
Antikoagulationstherapie nach CPB	6	3	5	42,9
Hämotherapie nach CPB	6	3	5	42,9
Systematische Beurteilung der Rechtsherzfunktion mit TEE/TTE	6	5	3	42,9
Therapie mit Vasopressoren nach CPB	5	5	4	35,7
Organ-/Nierenprotektion	4	4	6	28,6
Pulmonale Blutung nach CPB	4	4	6	28,6
Beatmung nach CPB	3	5	6	21,4
Schrittmachertherapie nach CPB	2	5	7	14,3
Nutzung eines linksatrialen Katheters	2	6	6	14,3
Messung des Herzindex	1	6	7	7,1
Entwöhnung vom CPB	1	6	7	7,1

**Tabelle 10: Interesse der teilnehmenden Zentren an den vorgegebenen Themen zur weiteren Forschung im perioperativen Bereich der PEA (Antworten von n=14 Zentren; Daten aus dem Anästhesie I-Fragebogen; \* einschließlich „fehlend“)**

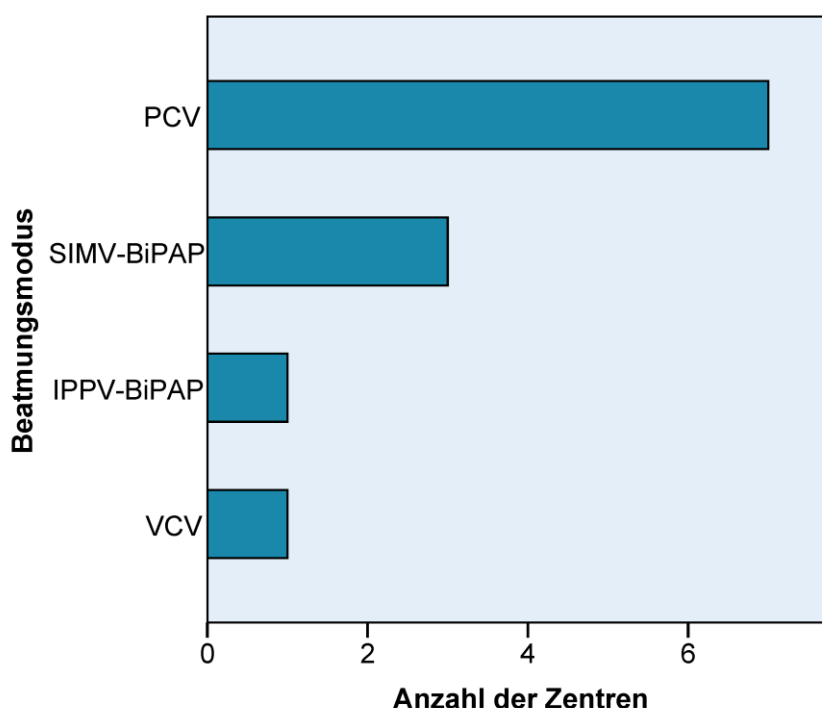


### 3.3 Intensivmedizinische Aspekte

#### 3.3.1 Beatungsmanagement

*Vorliegen eines Standardbeatmungsmodus nach PEA auf Intensivstation und zusätzliche Informationen zu einzelnen Parametern*

An 12 der 15 teilnehmenden Zentren (80,0%) des Intensiv I-Fragebogens wurde ein Standardbeatmungsmodus nach Pulmonalis-Endarterektomie auf der Intensivstation gewählt. Wie in Abbildung 1 dargestellt, wurde vom größten Teil der Zentren der PCV-Modus (46,7%), gefolgt vom SIMV-BiPAP-Modus (20,0%) gewählt. Zu drei Zentren lagen keine Aussagen vor, da sie aufgrund des fehlenden Standardbeatmungsmodus nicht zu den weiteren Angaben bezüglich der Art des Standardmodus und der Standardeinstellungen in der Umfrage weitergeleitet wurden.



**Abbildung 1: Absolute Häufigkeit der postoperativ nach PEA standardmäßig verwendeten Beatungsmodi (n= 12 Zentren; Daten aus dem Intensiv I-Fragebogen)**

Nähere Angaben zu den verwendeten Standardparametern konnten zwischen 5 und 6 Zentren machen und sind in Tabelle 11 dargestellt. Da von zwei Zentren zum Beatmungsmodus „SIMV-BiPAP“ anstatt einzelner Werte, Bereiche für die jeweiligen Parameter angegeben wurden, wurden die Mittelwerte dieser Spannweiten ermittelt und mit in die Statistik einbezogen.

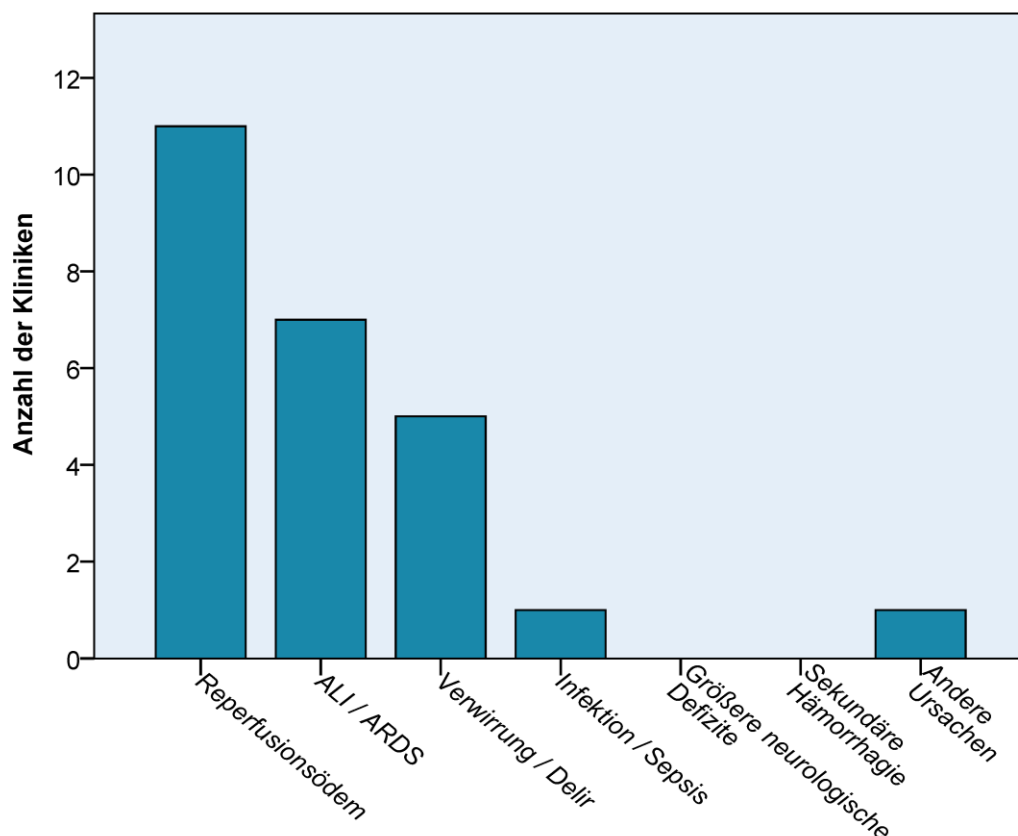
Statistische Parameter		AF (min <sup>-1</sup> )	Tidalvolumen (ml/kgKG)	PEEP (mbar)
PCV	Minimum	10 <sup>3</sup>	6 <sup>4</sup>	5 <sup>4</sup>
	Maximum	16 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>4</sup>
	<b>Median</b>	<b>12<sup>3</sup></b>	<b>7<sup>4</sup></b>	<b>10<sup>4</sup></b>
SIMV-BiPAP	Minimum	16 <sup>2</sup>	6 <sup>2</sup>	6 <sup>2</sup>
	Maximum	18 <sup>2</sup>	9 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>
	<b>Median</b>	<b>16,5<sup>2</sup></b>	<b>6,5<sup>2</sup></b>	<b>6<sup>2</sup></b>
VCV		14 <sup>1</sup>	6 <sup>1</sup>	5 <sup>1</sup>
IPPV-BiPAP		12 <sup>1</sup>	- <sup>1</sup>	4 <sup>1</sup>

**Tabelle 11: Nähere Angaben zum postoperativen Standardbeatmungsmodus nach PEA (eingeteilt nach den unterschiedlichen Modi; Antworten von n=<sup>1</sup>1, <sup>2</sup>3, <sup>3</sup>5 und <sup>4</sup>6 Zentren, AF: Atemfrequenz, KG: Körpergewicht, Daten aus dem Intensiv I-Fragebogen)**

Bei allen Beatmungsmodi wies die Atemfrequenz an den Zentren eine Spannweite zwischen 10 und 18 Atemzüge/min auf (*Median*: 14/min). Das angestrebte Tidalvolumen hatte bei allen Beatmungsmodi eine Spannweite von 6 bis 10 ml/kgKG (*Median*: 6,5 ml/kgKG). Der auf Intensivstation verwendete PEEP zeigte eine Gesamtspannweite zwischen 4 und 10 mbar bei allen Beatmungsverfahren (*Median*: 8 mbar). Die Angabe zum Inspirations:Expirations-Verhältnis wurde von 11 der 15 teilnehmenden Zentren ausgefüllt, wobei die Spannweite von 1:1 bis 1:3 reichte (*Median*: 1:2).

#### *Einschätzung über die wichtigsten Ursachen für eine verzögerte Extubation*

Wie in Abbildung 2 dargestellt, wurden von den 15 teilnehmenden Zentren des Intensiv I-Fragebogens am häufigsten das Reperfusionslungenödem (n=11 Zentren, 73,3%), das ALI/ARDS (n=7 Zentren, 46,7%) und das Delir (n=5 Zentren, 33,3%) als Ursachen für die verzögerte Extubation genannt. Als andere Ursache war von dem entsprechenden Zentrum „schlechte physische Verfassung“ genannt worden.



**Abbildung 2: Absolute Häufigkeit der Ursachen für eine verzögerte Extubation (n=15 Zentren; Daten aus dem Anästhesie I-Fragebogen; andere Ursachen: „schlechte physische Verfassung“)**

### 3.3.2 Volumen- und Hämotherapie

*Vorliegen einer Leitlinie für die Flüssigkeitsbilanzierung auf der Intensivstation nach PEA und genaue Angaben hierzu*

An 9 der 15 teilnehmenden Zentren (60%) des Intensiv I-Fragebogens lag eine Leitlinie zur postoperativen Flüssigkeitsbilanzierung nach Pulmonalis-Endarterektomie vor. An 6 der 9 Zentren wurde eine mäßig negative ( $- 1,000$  ml bis  $-2,500$  ml in den ersten 24 postoperativen Stunden), an den restlichen 3 der 9 Zentren wurde routinemäßig eine balancierte ( $\pm 1,000$  ml in den ersten 24 postoperativen Stunden) Flüssigkeitsbilanz angestrebt. Eine positive Flüssigkeitsbilanzierung  $> +1,000$  ml oder eine stark negative Flüssigkeitsbilanzierung  $> - 2,500$  ml wurde an keinem Zentrum durchgeführt.

*Nach PEA verwendete Infusionslösungen auf Intensivstation*

In nachfolgender Tabelle (Tabelle 12) ist die Häufigkeit der eingesetzten Infusionslösungen und Plasmaersatzprodukte nach Pulmonalis-Endarterektomie auf

Intensivstation dargestellt. Am häufigsten wurden Kristalloide, gefolgt von Albumin, HAES und Gelatine, eingesetzt.

Verwendetes Plasmaersatzprodukt	Häufigkeit (absolut)	Häufigkeit (in %)
Kristalloide	9	60,0
Albumin	8	53,3
HAES	8	53,3
Gelatine	4	26,7
Dextrane	0	0,0

**Tabelle 12: Absolute und relative Häufigkeit der postoperativ nach PEA verabreichten Plasmaersatzprodukte (Antworten von n=15 Zentren; Daten aus dem Intensiv I-Fragebogen)**

*Vorliegen eines Hb-/Hkt-Grenzwerts für die Transfusion von EKs nach PEA und genaue Angaben hierzu*

Für die Transfusion von Erythrozytenkonzentraten nach Pulmonalis-Endarterektomie lag an 73,3% der Zentren (n= 15) des Intensiv I-Fragebogens ein Grenzwert vor. Genaue Angaben zu einem Hämoglobin-Grenzwert konnten von 9 Zentren gemacht werden, wobei eine Angabe nach einer Plausibilitätskontrolle aufgrund eines zu hohen Werts zur weiteren Auswertung aussortiert und in einen fehlenden Wert umgewandelt werden musste (*Spannweite: 7-10 g/dl, Median: 10 g/dl*). 5 Angaben lagen bei der zusätzlichen Antwortoption „Hämatokritwert“ für diese Frage vor (*Spannweite: 21-30%, Median: 30%*).

### 3.3.3 Inzidenz von Komplikationen

*Anzahl der PEA-Patienten auf der Intensivstation im Jahr 2009*

Die Patientenzahl der 10 teilnehmenden Kliniken des Intensiv II-Fragebogens betrug für das Jahr 2009 zwischen 3 und 79 Patienten (n= 269 Patienten, *Median: 19,5 Patienten*).

*Anzahl der PEA-Patienten mit postoperativen Komplikationen nach PEA im Jahr 2009*

Tabelle 13 gibt eine Übersicht über die Häufigkeit der einzelnen postoperativen Komplikationen im Jahr 2009 der 10 teilnehmenden Zentren des Intensiv II-Fragebogens in Form der Patientenzahl, zugeordnet zur jeweiligen Komplikation. Zu den Themen „Delir“, „ARDS“ und „schweres Reperfusionslungenödem“ konnte jeweils von einem Zentrum keine absolute Anzahl der Patienten angegeben, jedoch stattdessen die Inzidenz geschätzt werden.

<b>Gesamtanzahl der Patienten im Jahr 2009</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>17</b>	<b>22</b>	<b>28</b>	<b>45</b>	<b>54</b>	<b>79</b>
<b>Delir</b>										
Absolute Inzidenz	0	4	2	0	3	-	1	1	3	7
Geschätzte Inzidenz (in %)	-	-	-	-	-	30	-	-	-	-
<b>Schweres Reperfusionenlungenödem</b>										
Absolute Inzidenz	1	0	3	1	0	0	2	-	1	4
Geschätzte Inzidenz (in %)	-	-	-	-	-	-	-	35	-	-
<b>Schwere Nachblutung*</b>										
Absolute Inzidenz	0	0	0	0	0	1	0	1	0	8
<b>Persistierende neurologische Komplikationen</b>										
Absolute Inzidenz	0	0	0	1	1	0	1	1	2	1
<b>ARDS</b>										
Absolute Inzidenz	0	0	0	0	0	-	2	0	0	1
Geschätzte Inzidenz (in %)	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-
<b>Rethrombosierung der Pulmonalarterien</b>										
Absolute Inzidenz	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

**Tabelle 13: Absolute und geschätzte Inzidenz zu Komplikationen im Jahr 2009 (bezogen auf die Gesamtanzahl der PEA-Patienten der einzelnen Zentren aus dem Jahr 2009; n=10 Zentren, \*mit erforderlicher Rethorakotomie)**

Aus den Ergebnissen der Gesamtanzahl der PEA-Patienten auf Intensivstation im Jahr 2009 und der absoluten Patientenanzahl der jeweiligen postoperativen Komplikation wurde eine relative Gesamthäufigkeit unter Ausschluss der geschätzten Inzidenz ermittelt. Sie betrug:

- 8,5% für das Delir (n=247 Patienten, *Spannweite*: 2,2-66,7%)
- 5,4% für das schwere Reperfusionenlungenödem (n=224 Patienten, *Spannweite*: 1,9-42,9%)
- 3,7% für die schwere Nachblutung mit erforderlicher Rethorakotomie (n=269 Patienten, *Spannweite*: 2,2-10,1%)
- 2,6% für schwere, persistierende neurologische Komplikationen (n=269 Patienten, *Spannweite*: 1,3-12,5%)
- 1,2% für das ARDS (n=247 Patienten, *Spannweite*: 1,3-7,1%)
- 0,4% für die Rethrombosierung der Pulmonalarterien (n=269 Patienten).

#### *Verwendung eines tiefen hypothermen Kreislaufstillstands*

An 14 der 15 teilnehmenden Zentren (93,3%) des Perfusions I-Fragebogens wurde eine tiefe Hypothermie von 18-28° C während des kardiopulmonalen Bypasses gewählt. Wie in Tabelle 14 ersichtlich, wurde von dem Großteil der 14 Zentren ein tiefer hypothermer Kreislaufstillstand (DHCA) verwendet, lediglich 2 Zentren bzw. 1 Zentrum nutzten eine selektive Perfusion.

Art des tiefen hypothermen Kreislaufstillstand	Häufigkeit (absolut)	Häufigkeit (in %)
DHCA	11	78,6
DHCA mit selektiver antegrader cerebraler Perfusion	2	14,2
DHCA mit niedriger Perfusion	1	7,1
DHCA mit selektiver retrograder cerebraler Perfusion	0	0

**Tabelle 14: Absolute und relative Häufigkeit der unterschiedlichen Arten des tiefen hypothermen Kreislaufstillstand (DHCA; n= 14 Zentren; Daten aus dem Perfusion I-Fragebogen)**

### 3.3.4 Bedarf für weitere Forschung

*Für die weitere Forschung im Bereich des postoperativen Managements nach PEA als wichtig erachtete Themenbereiche*

Der Bedarf für weitere Forschung der jeweiligen Themengebiete, eingeteilt nach relativer Häufigkeit, ist in nachfolgender Tabelle (Tabelle 15) dargestellt und zeigt ein gesteigertes Interesse der teilnehmenden Zentren an der postoperativen Therapie der persistierenden pulmonalen Hypertonie (PH), dem Reperfusionslungenödem und der Beatmungstherapie.

Themengebiete	Häufigkeit JA (absolut)	Häufigkeit NEIN (absolut)	Häufigkeit FEHLEND (absolut)	Häufigkeit JA (in %)
Therapie der persistierenden PH	14	0	1	93,3
Reperfusionslungenödem	14	1	0	93,3
Beatmungstherapie	8	4	3	66,7
Antikoagulation /Thromboseprophylaxe	7	4	4	63,3
Andere *	4	3	8	26,7

**Tabelle 15: Interesse der teilnehmenden Zentren an den vorgegebenen Themen zur weiteren Forschung im postoperativen Bereich der PEA (n= 15 Zentren; Daten aus dem Intensiv I-Fragebogen; \* Die unter „Andere“ von den Zentren in einem Freitextfeld eingegeben, selbstverfasste Themen:**

1. „Physiotherapie“
2. „Steigerung der rechtsventrikulären Funktion bzw. Hämodynamik nach PEA“
3. „Epidemiologie und Risikofaktoren für CTEPH, genetische Assoziation mit Erkrankungsvorkommen“
4. „Konzentration auf die LH-Insuffizienz nach PEA bzw. das (...) Lungenödem aufgrund der Schwäche und Insuffizienz des linken Ventrikels“)

## 4 Diskussion

In diesem Abschnitt sollen zunächst verschiedene Gesichtspunkte der gewählten Umfragemethode in Form der Onlinebefragung beschrieben werden. Im Anschluss daran werden die in den Ergebnissen aufgeführten allgemeinen und epidemiologischen Aspekte sowie wesentliche Bestandteile der Anästhesie und Intensivmedizin im Rahmen der Pulmonalis-Endarterektomie im Kontext der aktuellen Literatur dargestellt und diskutiert.

### 4.1 Methodenkritik

#### 4.1.1 Auswahl der Stichprobe

Die Auswahl der Stichprobe war durch die relativ geringe Anzahl von circa 30 weltweiten PEA-Zentren (Ryan et al. 2011) zum Zeitpunkt der Umfrageentwicklung gekennzeichnet. Um für die Umfrage eine ausreichende Erfahrung und die gängige Praxis der teilnehmenden Zentren mit der Pulmonalis-Endarterektomie zu gewährleisten, wurde durch ein Expertengremium das Einschlusskriterium „10 oder mehr PEA-Operationen pro Jahr“ im Vorfeld der Befragung zusätzlich festgelegt. Dies führte zu einer Reduktion des Stichprobenumfangs auf 27 geeignete PEA-Zentren. Generell können Stichproben mit kleinem Umfang Einschränkungen bei der Generalisierbarkeit von Studien und der Vergleichbarkeit von abgefragten Variablen mit sich führen (Burns et al. 2008, von Maurer und Jandura 2009, Treiblmaier 2011). Jedoch war es dank Rücklaufquoten von bis zu 59,3% der verschiedenen Fragebögen in unserer Umfrage möglich, die Repräsentativität und Generalisierbarkeit der erhaltenen Daten trotz kleiner Stichprobe zu erhöhen (Burns et al. 2008, von Maurer und Jandura 2009). Zusätzlich stellt die Umfrage die bisher erste und einzige flächendeckende Erfassung des peri- und postoperativen Vorgehens bei Pulmonalis-Endarterektomien in den Bereichen der Anästhesie und Intensivmedizin sowie der Kardiotechnik dar, die trotz ihres kleinen Stichprobenumfangs elementare Erkenntnisse aufzeigen konnte, wie nachfolgend erörtert werden wird, und mittels weiterer Studien in ausgewählten Bereichen mit größeren Stichprobenumfängen repräsentativere Ergebnisse ermöglichen kann. Da in den letzten Jahren eine Zunahme von PEA-Zentren mit geringem PEA-Aufkommen (Mellemkjaer et al. 2006, Sadeghi et al. 2010, Gu et al. 2010, Maliyasena et al. 2012, Yıldızeli et al. 2013) zu verzeichnen ist und unsere Umfrage überwiegend von Zentren mit kleinen Anzahlen von Pulmonalis-Endarterektomien beantwortet wurde, kann eine gewisse Übereinstimmung unserer Stichprobe mit der Grundgesamtheit angenommen werden.

#### 4.1.2 Rücklaufquote

Die Rücklaufquote aller Fragebögen betrug bis zu 59,3%, wobei der allgemeine, der Anästhesie I- und der Intensiv I-Fragebogen mit Quoten zwischen 51,9% und 59,3% am häufigsten beantwortet wurden. Da es sich um eine internetbasierte Umfrage mit Teilnahme einer kleinen Gruppe von medizinischen Spezialisten handelt, können diese Ergebnisse als relativ hohe und gute Rücklaufquote bewertet werden (VanGeest et al. 2007, von Maurer und Jandura 2009, McLeod et al. 2013). Aufgrund der hohen Rücklaufquoten der entsprechenden Fragebögen wurde der potentielle Selektionsbias minimiert und dadurch die Repräsentativität sowie die Validität erhöht (VanGeest et al. 2007, Shih und Fan 2008). Die hohen Rücklaufquoten der Fragebögen zeigen einerseits, wie flüssig die Gestaltung der Fragebögen und wie wertvoll die personalisierten Emails sowie die Erinnerungsmails waren (von Maurer und Jandura 2009). Andererseits konnte durch die persönliche Akquirierung von ausgewählten leitenden Ärzten der chirurgischen PEA-Abteilungen und das persönliche Anschreiben der von den leitenden Ärzten benannten restlichen Teilnehmern, die unmittelbar in der Thematik der seltenen und aufwendig zu behandelnden CTEPH involviert sind, das Interesse auf unsere Studie geweckt werden (von Maurer und Jandura 2009). Neben der Motivation können auch die fachlich fundierten und praktisch orientierten Fragen zur hohen Rücklaufquote beigetragen haben, obwohl zwei der drei oben genannten Fragebögen die größte Länge aller Fragebögen aufwiesen und somit eher die Abbruchquote hätten fördern müssen (von Maurer und Jandura 2009).

Die geringsten Rücklaufquoten wiesen der Anästhesie II- und Intensiv II-Fragebogen mit 48,1% und 37% auf. In diesen Fragebögen wurden genaue Zahlen- und Datenmengen aus dem Jahr 2009 abgefragt, bei denen das Zugreifen auf Aufzeichnungen und Datensammlungen benötigt wurde. Ursächlich für die geringe Rücklaufquote kann die fehlende Datenaufzeichnung an manchen Zentren sein, sowie die für die Umfrage benötigte Angabe von statistischen Kennwerten, für welche zum Teil Statistiker konsultiert werden mussten. Da klinisch tätige Ärzte bereits unter zeitlichen Zwängen arbeiten (VanGeest. und Johnson 2013), kann der höhere Aufwand des Anästhesie II- und Intensiv II-Fragebogens gegenüber den anderen Fragebögen zur Nichtteilnahme beigetragen haben. Generell kann das hohe Aufkommen an Onlineumfragen in der heutigen Zeit dazu geführt haben, dass unsere Umfrage trotz des Einsatzes einer seriösen, universitären Emailadresse als Spam-Email angesehen und blockiert wurde (Fan und Yan 2010).



Um die Beweggründe für die Teilnahme an unserer Umfrage nicht zu verfälschen, wurde auf monetäre oder ähnliche Anreize („incentives“) verzichtet. Wie VanGeest et al. (2007) zeigten, können finanzielle Anreize unter Umständen keine höheren Antwortquoten erzielen.

#### 4.1.3 Messinstrument „Onlineumfrage“

Die webbasierte Umfrage hat den Vorteil überall leicht erreichbar und einsetzbar zu sein, was sich aufgrund der in unserem Fall weltweit verteilten PEA-Zentren für eine schnelle Datensammlung als Vorteil erwies (Reips 2002, Evans und Mathur 2005). Obwohl der Erstkontakt mit dem Umfrageteilnehmer aufgrund eines Spamfilters des Emailprogramms verhindert werden kann (Jackob et al. 2009), konnte der Einsatz einer universitären Emailadresse in unserer Umfrage diesem Problem entgegenwirken. Da die Onlinebefragung keine persönliche Erhebung der Daten darstellt, sind direkte Interaktionen mit den Teilnehmern nicht möglich und können so zwar zu Verzerrungen bei der Erhebung der Antworten führen (Treiblmaier 2011), aber auch die Objektivität der erhobenen Daten gewährleisten (Jackob et al. 2009). Bei der Entwicklung unserer Fragebögen wurde daher auf eine möglichst verständliche Fragestellung aller Fragen geachtet um eine falsche Interpretation zu vermeiden, was erneut mit Hilfe von zwei Pretests überprüft wurde. Wie in der Literatur ausführlich beschrieben (Hayslett und Wildemuth 2004, Evans und Mathur 2005), kam es jedoch trotz dieser Maßnahmen zu vereinzelt fehlerhaften Antworten. Obwohl in den Pretests nichts dergleichen gesehen wurde, kann nicht ausgeschlossen werden, dass in Einzelfällen Verständnisfehler oder Eingabefehler auftraten, die durch persönlich durchgeführte (Telefon-) Interviews hätten kontrolliert und eliminiert werden können. Offensichtlich fehlerhafte Antworten wurden aussortiert und standen der Auswertung nicht mehr zur Verfügung, was zu einer geringen Verzerrung sehr weniger Ergebnisse geführt haben könnte. Häufiger kam es zu fehlenden Antworten, sofern eine Frage nicht mit „Ja“ oder „Nein“ beantwortet wurde, was am ehesten auf die Länge der einzelnen Fragebögen und die fehlenden Pflichtfragen zurückführbar sein kann. Obwohl es möglich gewesen wäre mit Pflichtfragen die Rate an eingegebenen Daten zu steigern (Evans und Mathur 2005), wurde aufgrund des beträchtlichen Umfangs der einzelnen Fragebögen und um einen möglichst vollständig ausgefüllten Fragebogen zu erhalten, darauf verzichtet. Hiermit wurde beabsichtigt einer erniedrigten Compliance entgegenzuwirken, zumal für den Teilnehmer nicht ersichtlich gewesen wäre, wie häufig ein Pflichtfeld erscheint und damit ein drop-out nicht unwahrscheinlich gewesen

wäre. In ähnlicher Weise wurde mit bereits in der Umfrage vorgegebenen Plausibilitätskontrollen zu Zahlenangaben verfahren. Um die Validität aufgrund eines unbemerkten Programmierfehlers nicht einzuschränken (Hayslett und Wildemuth 2004), wurden lediglich Maximalwerte mit der Umfragesoftware eingegrenzt.

Zusammenfassend zeigt sich, dass trotz des Mediums „Onlinebefragung“ eine ansehnliche Rücklaufquote und damit eine gute Validität sowie Repräsentativität bei dem Großteil der Fragebögen erreicht werden konnte. Dies ist nicht nur mit der Entwicklung von flüssig auszufüllenden Fragebögen zu begründen, sondern kann auch an der hohen Motivation der Adressaten der Umfrage zusammen mit „Werbungsmaßnahmen“ gelegen haben. Missverständnisse oder Fehler bei der Eingabe ließen sich bei dem verwendeten Medium nur begrenzt vermeiden, jedoch konnten eine präzise Entwicklung der Fragen und im Vorfeld durchgeführte, ausführliche Pretests dazu beitragen, dass die Fehlerquote stark minimiert und somit wertvolle Ergebnisse generiert werden konnten.

#### 4.1.4 Statistische Methoden

Aufgrund des geringen Stichprobenumfangs weist diese Arbeit Limitationen auf.

So war es nötig zur Auswertung größtenteils die deskriptive Statistik zu verwenden. Diese ist dadurch gekennzeichnet, dass keinerlei stochastische Modelle Anwendung finden, wodurch ihr lediglich eine beschreibende Rolle zukommt, aber keine Überprüfung auf mögliche Fehlerwahrscheinlichkeiten möglich ist.

Wenige Ergebnisse basieren auf einer explorativen Datenanalyse, mit welcher versucht wurde bisher unbekannte Zusammenhänge zu finden und neue Hypothesen zu generieren. Aufgrund des geringen Stichprobenumfangs war jedoch keine weiterführende Untersuchung auf eine Allgemeingültigkeit möglich, sodass die gewonnenen Ergebnisse mit Vorsicht betrachtet werden müssen. Dies wird nochmals zusätzlich in den entsprechenden Teilbereichen dieser Diskussion erläutert, in welchen die explorative Datenanalyse Anwendung fand.

## 4.2 Allgemeine und epidemiologische Aspekte

Allgemeine und epidemiologische Aspekte wurden mit Hilfe des allgemeinen Fragebogens erfasst und von 16 Zentren beantwortet. Die Gesamtzahl aller im Jahr 2009 operierten Patienten betrug dabei 473 Patienten, weshalb unsere Studie neben der Studie über das CTEPH-Register mit 386 Patienten durch Mayer et al. (2011), die größte multizentrische Studie im Kontext der Pulmonalis-Endarterektomie darstellt. Jedoch war unsere Umfrage nur von wenigen größeren Zentren und vorwiegend von kleineren Zentren beantwortet worden, was durch eine mediane Patientenanzahl von 16,5 Patienten im Jahr 2009 wiedergespiegelt wird.

Das Alter des Patientenkollektivs in unserer Umfrage betrug zwischen 13 und 84 Jahre und wies einen Median in der 6. Lebensdekade auf, was dem Patientengut eines Großteils von früheren und aktuellen Studien der weltweiten Zentren entspricht (Mellekjaer et al. 2006, Condliffe et al. 2008, Mayer et al. 2011, de Perrot et al. 2011, Madani et al. 2012). Die hohe Lebensspanne kann korrelierend zu Angaben eines Zentrums und der Kölner Konsensus-Konferenz gesehen werden, welche die Höhe des Alters nicht als Ausschlusskriterium ansehen (Thistlethwaite et al. 2006a, Wilkens et al. 2016). Jedoch ist durch den Median in Höhe der 6. Lebensdekade ersichtlich, dass hauptsächlich Patienten im mittleren Alter von den teilnehmenden Zentren operiert wurden, ausschlaggebend können vorliegende Komorbiditäten mit Anstieg des Alters sein (Mayer und Klepetko 2006, Berman et al. 2012). Im Rahmen einer retrospektiven Studie von Berman et al. (2012) konnte eine leicht erhöhte Mortalitätsrate von 7,8% bei Patienten über 70 Jahren gegenüber der Mortalitätsrate von 4,6% bei unter 70-Jährigen im Rahmen der Pulmonalis-Endarterektomie aufgezeigt werden. Auch im Bereich der Kardiochirurgie konnte bereits in mehreren Studien im Rahmen von koronararteriellen Bypassoperationen, als Beispiel ist der EuroSCORE zu nennen (Roques et al. 1999, Nashef et al. 2012), eine erhöhte altersbezogene Mortalität, besonders bei über 80-Jährigen, demonstriert werden (Avery et al. 2001, Krane et al. 2011). In unserer Studie konnte jedoch kein Hinweis auf den Einfluss des Alters auf die Mortalitätsrate gefunden werden. Aufgrund des geringen Stichprobenumfangs sollte dieser Zusammenhang jedoch mit Vorsicht betrachten werden. Dennoch ist es ratsam in Anbetracht der Zunahme der alternden Population (Krane et al. 2011) einen studienbasierten Konsens bezüglich einer möglichen Altershöchstgrenze zu finden. Da die Patientenauswahl bei Pulmonalis-Endarterektomie auf der Entscheidung der jeweiligen Operateure bzw. Zentren basiert und das PEA-Ergebnis von unterschiedlichen Variablen beeinflusst wird (Auger et al.

2012, Kim 2012, Madani et al. 2012, Lang et al. 2013), kann eine Festlegung des Alters bei der Konsensfindung möglicherweise erschwert sein.

In unserer Umfrage konnte eine leichte Prädominanz des männlichen Geschlechts mit 52% gesehen werden, was sich mit einer großen Anzahl an Angaben in der Literatur bei Pulmonalis-Endarterektomie deckt (D'Armini et al. 2005, Mellemkjaer et al. 2006, Thistlethwaite et al. 2008, Mayer et al. 2011, Lang et al. 2013). Demgegenüber stehen wiederum Studien, die eine erhöhte Prävalenz des weiblichen Geschlechts oder ein Gleichgewicht der Geschlechter aufweisen konnten (Ogino et al. 2006, Thistlethwaite et al. 2006a, de Perrot et al. 2011, Yıldızeli et al. 2013). Möglicherweise kann diese Diskrepanz auf einen Bias bei der Überweisung der Patienten an die Zentren hinweisen (Thistlethwaite et al. 2008), welche aufgrund von Komorbiditäten ausgeschlossen wurden (Hoepfer et al. 2006, Kim 2006, Mayer und Klepetko 2006) und somit über geschlechtsspezifische Risikofaktoren einen Einfluss auf die Prävalenz des Geschlechts hatten. Unabhängig von der Prävalenz konnte in unserer Umfrage kein Einfluss des Geschlechts auf die Mortalitätsrate gefunden werden, sollte jedoch aufgrund der geringen Antwortzahl bei geringem Stichprobenumfang und der damit einhergehenden Datenqualität mit Vorsicht betrachtet werden.

Die durchschnittliche Mortalitätsrate im Jahr 2009 betrug für alle teilnehmenden Zentren 6,3%, wobei die Mortalitätsrate an den einzelnen Zentren zwischen 0 und 25% schwankte. Diese Werte entsprechen den in den Studien von einzelnen Zentren erhobenen Werten (Jamieson et al. 2003, Darteville et al. 2004, Condliffe et al. 2008, Sadeghi et al. 2010, Mayer et al. 2011, Madani et al. 2012, Maliyasena et al. 2012, Yıldızeli et al. 2013). Obwohl Mayer et al. (2011) eine geringere Mortalitätsrate von 4,7% bei der bisher einzigen multizentrischen Studie im Rahmen des CTEPH-Registers (neben unserer) erreichen konnten, wies das Patientengut gegenüber dem in unserer Studie mit einem medianen pulmonal-vaskulären Widerstand von  $728 \text{ dyn} \times \text{s} \times \text{cm}^{-5}$ , einer medianen Sechs-Minuten-Gehstrecke von 341 m und einer überwiegenden Einteilung in die NYHA-Klassen III (67,9%) und IV (12,7%) bessere hämodynamische und funktionelle Parameter auf. Die höchste Mortalitätsrate (25%) konnte in unserer Studie bei einem kleineren Zentrum mit 16 durchgeführten Pulmonalis-Endarterektomien im Jahr 2009 gefunden werden. In der Literatur werden als potenzielle Ursachen für eine erhöhte Mortalität „inadäquate Patientenauswahl“ und „mangelnde Erfahrung der Operateure“ angeführt (Thistlethwaite et al. 2006a, Keogh et al. 2009, Madani et al. 2012). Dies entspricht auch unserem, mittels generalisiertem linearen Modell gefundenen, Hinweis auf einen Einfluss der Zentrumserfahrung, gemessen durch die Anzahl der durchgeführten Pulmonalis-Endarterektomien, auf die

Mortalitätsrate. Allerdings konnte aufgrund der geringen Antwortzahl bei geringem Stichprobenumfang und der damit einhergehenden Datenqualität keine weitere statistische Differenzierung zum Einfluss von PEA-Zentren mit mehr als 10 Pulmonalis-Endarterektomien pro Jahr auf die Mortalitätsrate durchgeführt werden, sodass die Aussagekraft eingeschränkt beurteilbar ist. Da jedoch drei von fünf Zentren mit weniger als 10 Pulmonalis-Endarterektomien pro Jahr eine Mortalitätsrate von 0% vorweisen konnten, kann dies ein Hinweis darauf sein, dass auch Zentren mit weniger Erfahrung die Pulmonalis-Endarterektomie sicher durchführen können. Dies kann allerdings auch darin begründet sein, dass kleinere Zentren weniger Pulmonalis-Endarterektomien bei Patienten mit geringer ausgeprägtem Schweregrad, weniger Komorbiditäten oder distaleren Erkrankungsformen der CTEPH ausführen (Mayer et al. 2011). Der Zusammenhang sollte daher im Hinblick auf einen allgemeinen Selektionsbias unter Vorbehalt betrachtet werden.

Die präoperative Einlage eines Vena cava-Filters wird in der Literatur kontrovers gesehen (Hoepfer et al. 2006, Keogh et al. 2009), was sicherlich in dem Ergebnis unserer Studie mit 50%-iger Zustimmung widerspiegelt wird. Einige Zentren verzichten aufgrund möglicher Komplikationen auf den Vena cava-Filter und erachten die lebenslange therapeutische Antikoagulation als ausreichend (de Perrot et al. 2011). Dies geht konform mit der aktuellen Empfehlung der American Heart Association, die einen Filter nur bei wiederholter Lungenembolie trotz therapeutischer Antikoagulation oder bei akuter Lungenembolie mit Kontraindikationen für eine Antikoagulationstherapie vorsieht (Jaff et al. 2011). Wie in der Studie von Mayer et al. (2011), konnte in unserer Studie kein Einfluss eines eingesetzten Vena cava-Filters auf die Krankenhausmortalitätsrate gesehen werden. Auch in einem 3-Jahres follow-up des internationalen CTEPH-Registers konnte keine Veränderung des Langzeitergebnisses durch das Vorhandensein eines Cava-Filters dargestellt werden (Delcroix et al. 2016). Angesichts fehlender randomisierter, kontrollierter (Langzeit-) Studien sollte daher weitere Forschung auf diesem Gebiet betrieben werden (Hagan et al. 2011).

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass, obgleich nur aggregierte Daten vorliegen, unsere Studie neben Mayer et al. (2011) das bisher größte Patientensample aus multiplen Zentren darstellt. Das Alter der operierten Patienten aus unserer Studie entsprach mit einem Median in der 6. Lebensdekade (Spannweite: 13-84 Jahre) dem Patientengut eines Großteils der Zentren in der Literatur, welche die Höhe des Alters nicht als Ausschlusskriterium ansahen. Obwohl einige Studien bereits einen Einfluss von höherem Alter auf die Mortalitätsrate darstellen konnten, ergab sich in unserer

Umfrage hierauf kein Hinweis. Im Rahmen der divergierenden Ergebnisse sowie in Anbetracht der alternden Bevölkerung wäre ein studienbasierter Konsens bezüglich einer möglichen Altershöchstgrenze empfehlenswert. Eine leichte Prädominanz des männlichen Geschlechts (52%) in unserer Umfrage ist am ehesten auf einen Bias bei der Überweisung von Patienten an die PEA-Zentren zurückzuführen und wurde entsprechend bereits in der Literatur beschrieben. Hinweise auf einen Zusammenhang mit der Mortalitätsrate konnte in unserer Umfrage nicht gefunden werden. Obwohl die Patientendaten unserer Umfrage schlechtere hämodynamische und funktionelle Merkmale gegenüber dem Patientengut vom Mayer et al. (2011) aufwiesen, betrug die durchschnittliche Mortalitätsrate aller teilnehmenden PEA-Zentren unserer Umfrage im Jahr 2009 6,3%, was sicherlich die zunehmende Sicherheit der Durchführung von Pulmonalis-Endarterektomien im Laufe der Jahre widerspiegelt. In diesem Rahmen konnte in unserer Umfrage ein Hinweis auf einen Einfluss der Größe der PEA-Zentren auf die Mortalitätsrate dargestellt werden, jedoch wurden durch einige kleine Zentren auch Mortalitätsraten von 0% beschrieben. Um einen Bias auszuschließen, wäre eine weiterführende Analyse des operierten Patientenguts mit Einschluss des Erkrankungstyps durch alle weltweiten Zentren ratsam. Die präoperative Implantation eines Vena cava-Filters wurde von den teilnehmenden Zentren, analog den Funden in der Literatur, kontrovers gesehen. Hinweise auf einen Einfluss des Cava-Filters auf die Mortalitätsrate ergaben sich in unseren Auswertungen nicht, sodass bei fehlendem Konsens randomisierte, kontrollierte (Langzeit-)Studien oder ein prospektives Register empfehlenswert wären. Um in Zukunft eine Leitlinie zur präoperativen Risikoabschätzung entwickeln zu können, sind entsprechend der bereits genannten Punkte weitere randomisierte Studien oder ein prospektives Register hierzu notwendig.

### **4.3 Anästhesiologische Aspekte**

Wie in der Einleitung bereits ausführlich geschildert, liegen im Bereich des Beatungsmanagements und der Hämotherapie größtenteils Zentrumsberichte meist älteren Datums vor. Daher soll in den nachfolgenden Kapiteln einerseits auf die Übereinstimmungen bzw. Diskrepanzen der Ergebnisse mit der vorhandenen Literatur vergleichend eingegangen werden. Andererseits soll hier aufgezeigt werden, in welchen Gebieten weiterführende Studien oder Datensammlungen als sinnvoll erachtet werden können.

#### 4.3.1 Beatungsmanagement

Das Beatungsmanagement vor und nach dem kardiopulmonalen Bypass war in unserer Umfrage an 11 der 14 teilnehmenden Zentren (78,6%) standardisiert. Vor dem kardiopulmalen Bypass wählten die meisten (71,4%) der teilnehmenden Zentren (11 von 14 Zentren) die volumenkontrollierte Beatungsform, möglicherweise da diese aufgrund langjähriger Erfahrungen weltweit am häufigsten benutzt wird (David et al. 2010) oder im Fall der CTEPH den Vorteil hat durch das festgesetzte Hubvolumen unter operativ-bedingter ständig wechselnder Compliance den endtidalen  $\text{CO}_2$ -Wert konstant zu halten und somit eine weitere Steigerung des bereits präoperativ erhöhten pulmonal-vaskulären Widerstands vermeiden kann (Manecke 2006, Valchanov und Vuylsteke 2009). Im Gegensatz hierzu ist ersichtlich, dass nach dem kardiopulmonalen Bypass zwar noch von der Hälfte der Zentren eine VCV (7 der 14 Zentren) vorgezogen wurde, jedoch die Benutzung der PCV auf insgesamt 4 Zentren anstieg. Ursächlich hierfür kann eine durch den kardiopulmonalen Bypass bedingte Atelektasenbildung, welche zu einer Verminderung der pulmonalen Compliance und einem pulmonal-arteriellen Stealphänomen führen kann, angesehen werden (Adams und Fedullo. 2006, Valchanov und Vuylsteke 2009, Esan et al. 2010). Dennoch kann durch die PCV der  $\text{CO}_2$ -Partialdruck nicht direkt reguliert werden, was über eine Hyperkapnie zu einer Steigerung des pulmonal-vaskulären Widerstands führen (Manecke 2006, Thomson und Jenkins 2009) und das Auftreten eines postoperativen Reperfusionslungenödems begünstigen kann (Thistlethwaite et al. 2006b), was in unserer Umfrage von 73,3% (11 von 15) der Zentren als relevanter Grund für eine verzögerte Extubation angesehen wurde und somit die zur Hälfte gewählte VCV erklären kann. Da keine Analyse der Beatungsmodi in Bezug auf die Mortalität und Morbidität im Rahmen unserer Umfrage vorgenommen werden konnte, ist unklar, ob ein spezieller Beatungsmodus bei der Pulmonalis-Endarterektomie überlegen ist. Hilfreich zur weiteren Beurteilung eines geeigneten Beatungsmodus wären randomisierte Studien mit Beurteilung der Mortalitätsrate, der Entstehung eines postoperativen Reperfusionslungenödems sowie die prä- und postoperativen Werte des pulmonal-vaskulären Widerstands.

Die vor dem kardiopulmonalen Bypass eingesetzten Tidalvolumina hatten an den teilnehmenden Zentren in unserer Umfrage eine Höhe zwischen 6 und 10 ml/kgKG, wobei im Median Volumina von 8 ml/kgKG gewählt wurden. Dies entspricht in ähnlicher Weise den Tidalvolumina nach dem kardiopulmonalen Bypass mit der Ausnahme, dass die absolute Spannweite der Volumina auf Werte zwischen 5 und 8 ml/kgKG abgenommen hatte. Der an den Zentren der Umfrage eingesetzte PEEP betrug im Mittel 5 mbar vor dem kardiopulmonalen Bypass und wurde nach dem

kardiopulmonalen Bypass auf 8 mbar angehoben. Mit diesen Ergebnissen zeigt sich, dass auch bei der Pulmonalis-Endarterektomie ein Faktor der sogenannten „lungenprotektiven Beatmung“ mit Ausnahme einzelner Zentren zum Einsatz kommt. Einerseits konnte in der Literatur an einigen Zentren das Auftreten des bereits genannten und gefürchteten Reperfusionslungenödems mit Hilfe einer Erhöhung des PEEP, korrelierend zu dem Fund in unserer Umfrage, verhindert werden (Roscoe und Klein 2008, Guth et al. 2014), einem Atelektrauma entgegen gewirkt werden (Tusman et al. 2012) und ein verbesserter Gasaustausch nachgewiesen werden (Adams und Fedullo 2006, Roscoe und Klein 2008, David et al. 2010). Andererseits geht dies analog mit den Kenntnissen des überwiegenden Teils von Studien an ALI-/ARDS-Patienten, aber auch im Bereich der Kardiochirurgie mit kardiopulmonalem Bypass, die mittels Tidalvolumina in Höhe von 6 bis 10 ml/kgKG zusammen mit dem Einsatz des PEEP bei verschiedenen Endpunkten eine Verbesserung erzielen konnten (Chaney et al. 2000, The Acute Respiratory Distress Syndrome Network 2000, Meade et al. 2008). So wurden bereits positive Auswirkungen auf ein ALI/ARDS bei einer beispielsweise durch den kardiopulmonalen Bypass oder Bluttransfusionen geprimten Lunge durch eine lungenprotektive Beatmung beschrieben (Gajic et al. 2004). Analog zu diesen Funden konnten in zwei Studien kleine Tidalvolumina zusammen mit einem (hohen) PEEP die Mortalitätsrate bei ARDS reduzieren (Amato et al. 1998, Villar et al. 2006). Dass die Einstellung bezüglich des Tidalvolumens und PEEPs auch einen Einfluss auf die teilnehmenden Zentren gehabt haben könnte, zeigt sich bei der Angabe von 7 der 15 teilnehmenden Zentren im Intensiv I-Fragebogen, welche ALI/ARDS als relevanten Grund für eine verzögerte Extubation genannt hatten, wobei sich lediglich eine ARDS-Inzidenz von 1,2% in unserer Umfrage gezeigt hatte. Gemäß einer kürzlich durchgeführten Studie eines einzelnen Zentrums von Bates et al. (2015) scheint eine lungenprotektive Beatmung keinen Einfluss auf das gefürchtete, nach Pulmonalis-Endarterektomie auftretende Reperfusionslungenödem zu haben und soll nachfolgend im Intensivteil dieser Arbeit noch genauer betrachtet werden.

Zusammenfassend ist zu beobachten, dass bei einem Großteil der Zentren (78,6%) ein standardisierter Beatmungsmodus sowohl vor als auch nach dem kardiopulmonalen Bypass vorlag. Während dieser vor dem kardiopulmonalen Bypass weitestgehend volumenkontrolliert war, konnte ein Anstieg der druckkontrollierten Beatmung nach dem kardiopulmonalen Bypass dokumentiert werden, was möglicherweise auf die Atelektasenbildung mit pulmonal-arteriellem Stealphänomen nach kardiopulmonalem Bypass zurückzuführen ist. Insgesamt zeigte sich ein Trend zu einer lungenprotektiven Beatmung mit Anstieg des PEEP-Werts nach dem kardiopulmonalen Bypass. Da



sowohl das Reperfusionslungenödem als auch das ALI/ARDS von den teilnehmenden Zentren als Ursache für eine verzögerte Extubation angesehen wurden und Studien- bis auf die kürzlich erschienene Studie von Bates et al. (2015)- hierzu fehlen, wären aufgrund unterschiedlicher Einflussfaktoren auf diese Erkrankungen randomisierte, prospektive Studien zum Einfluss der unterschiedlichen Beatmungsmodi auf die Entstehung des Reperfusionslungenödems/ARDS sinnvoll. Da aufgrund des durchgeführten Studiendesigns keine prospektiven Daten in unserer Umfrage erhoben werden konnten, ist es letztlich nicht möglich einen Einfluss des Beatmungsmodus und -volumens sowie des PEEPs auf die Morbidität und Mortalität in der aktuellen Arbeit darzustellen.

#### 4.3.2 Hämotherapie

Im Bereich der intraoperativen Hämotherapie wurden an 9 von 14 Zentren (64,3%) nach dem kardiopulmonalen Bypass regelmäßig Blutprodukte oder Gerinnungsfaktoren verabreicht, am häufigsten fanden FFP und Thrombozytenkonzentrate Anwendung, seltener Erythrozytenkonzentrate und Gerinnungsfaktoren. Verglichen mit den in unserer Umfrage vorliegenden Werten, lagen die Transfusionsraten in den Berichten einzelner PEA-Zentren zwischen 33,9% und 49% und sind demnach geringer als in unserer Studie (Ogino et al. 2006, Thistlethwaite et al. 2008, McRae et al. 2011). Obwohl die Transfusionsrate in unserer Studie hoch erscheint, ist nicht auszuschließen, dass der erhobene Wert durch die teilnehmenden Anästhesisten überschätzt wurde, da lediglich nach der routinemäßigen Praxis im betreffenden Zentrum gefragt wurde und keine retrospektive Erhebung bzw. Datensammlung stattgefunden hat. Ferner war in unserer Umfrage die „routinemäßige Gabe“ nicht weiter definiert worden und daher kann eine Antwort der Zentren auch bedeuten, dass nicht in jedem Fall bei Pulmonalis-Endarterektomie transfundiert wurde. Da unsere Umfrage zum größten Teil von kleinen Zentren beantwortet wurde und nur vereinzelt Berichte von Zentren zu der Transfusionspraxis bei Pulmonalis-Endarterektomie vorliegen, kann dies sicherlich im Sinne eines Bias einen Einfluss auf die Transfusionsrate gehabt haben.

Bezüglich der prozentuellen Verwendung von Blutprodukten und Gerinnungsfaktoren decken sich die Angaben unserer Zentren mit den Literaturangaben anderer PEA-Zentren, welche ebenfalls FFP oder Thrombozytenkonzentrate favorisierten (Demeyere et al. 2005, Madani und Jamieson. 2006). Als einziger Grund für die Gabe von Blutprodukten nach Pulmonalis-Endarterektomie wird die FFP-Gabe nach

vorheriger Warfarintherapie in der Literatur genannt (Demeyere et al. 2005). Da ansonsten in der Literatur keine speziellen Gründe für die Transfusion genannt wurden, ist deshalb anzunehmen, dass aufgrund der Komplexität der OP unter Einsatz des kardiopulmonalen Bypasses mit anschließender Koagulopathie (Richmond et al. 2013), der Gewohnheit oder in der Annahme, dass der tiefe hypotherme Kreislaufstillstand Beeinträchtigungen der Gerinnung nach sich zieht (McRae et al. 2011, Staikou et al. 2011), transfundiert wurde.

Im Gegensatz zu der in unserer Umfrage gefundenen hohen Transfusionsrate, konnten in den letzten Jahren zahlreiche Studien in der Kardiochirurgie eine transfusionsassoziierte Morbidität und Mortalität aufzeigen. Bhaskar et al. (2012) konnten für die allgemeine Transfusion von Blutprodukten einen Anstieg der 30-Tages-, 1-Jahres- und 5-Jahresmortalität im Bereich der allgemeinen Kardiochirurgie beobachten. Analog dazu gelang es Koch et al. (2006) ein höheres Risiko für die Mortalität, schwerwiegende Infektionen, kardiale wie neurologische Komplikationen, das Nierenversagen und eine verlängerte Beatmungsdauer mit der Transfusion von Erythrozytenkonzentraten zu assoziieren. Al-Attar et al. (2014) wiesen zusätzlich mit den Endpunkten „Mortalitätsrisiko, verlängerte Beatmungsdauer und Reoperation wegen Blutungen“ eine ungünstigere Prognose bei Patienten, die Thrombozytenkonzentrate erhalten hatten, nach. Allerdings hatten diese Patienten auch eine höhere Anzahl an Erythrozytenkonzentraten erhalten, weshalb eine Beeinflussung nicht auszuschließen ist. Zusätzlich zu den bereits genannten Endpunkten, stellen die transfusionsassoziierte Lungenschädigung (TRALI) und der „transfusion associated circulatory overload“ (TACO) im Allgemeinen zwei der bedeutendsten Komplikationen von Bluttransfusionen dar (Stephens et al. 2013) und können Patienten nach Pulmonalis-Endarterektomie zusätzlich zu den Faktoren des kardiopulmonalen Bypass gefährden. Ähnlich dem Reperfusionenlungenödem, kann auch bei TRALI aufgrund der pulmonalen Endothelschädigung ein Ödem entstehen (Sachs 2011, Stephens et al. 2013), was die Morbidität der Patienten zusätzlich erhöht. In Anbetracht der thromboembolischen Genese der CTEPH ist die im Jahr 2015 von Ghazi et al. veröffentlichte Studie als wichtig anzusehen. Anhand eines Patientenkollektivs von 1070 Patienten gelang es Ghazi et al. einen Zusammenhang zwischen der Gabe von Erythrozytenkonzentraten und der Rate an postoperativ aufgetretenen tiefen Venenthrombosen nach kardiochirurgischen Eingriffen mit Einsatz des kardiopulmonalen Bypasses und trotz direkt postoperativ begonnener Antikoagulationstherapie aufzuzeigen. Die Inzidenz einer tiefen Beinvenenthrombose lag dabei mit 16,7% bei Patienten, die ein (oder mehrere) Erythrozytenkonzentrat(e)

erhalten hatten, deutlich über der Inzidenz von 7,3% bei Patienten ohne erhaltenes Blutprodukt. Auch konnte ein Anstieg der Rate an tiefen Beinvenenthrombosen mit der Anzahl der verabreichten Erythrozytenkonzentrate sowie der Gabe multipler Blutprodukte, insbesondere der simultanen Gabe von FFP und Erythrozytenkonzentraten, aufgezeigt werden. Obwohl die Studie durch die retrospektive Datenerhebung eines einzelnen Instituts limitiert ist, kann der aufgezeigte Zusammenhang dennoch im Hinblick auf die Pathogenese der CTEPH einen entscheidenden Aspekt bei zukünftigen Entscheidungen bezüglich der Transfusion bei Pulmonalis-Endarterektomie spielen.

Analog zu diesen Funden konnte mit Hilfe eines generalisierten linearen Modells ein Einfluss der Gabe von Blutprodukten auf die Mortalitätsrate in unserer Umfrage gefunden werden. Allerdings ist die Aussagekraft aufgrund der geringen Antwortzahl bei geringem Stichprobenumfang und der damit einhergehend Datenqualität eingeschränkt beurteilbar. Dies beruht auch auf der Tatsache, dass mögliche Confounder aufgrund bereits genannter Limitationen nicht in die Auswertung einbezogen werden konnten. Somit war im Hinblick auf die Mortalitätsrate eine weitere Differenzierung der multifaktoriell bedingten Kausalität bei der Transfusion von Blutprodukten nicht möglich.

Im Kontext der Pulmonalis-Endarterektomie gelang es McRae et al. (2011) in einer kleinen, prospektiven Kohortenstudie mit 25 Patienten nachzuweisen, dass die Pulmonalis-Endarterektomie auch mit einer konservativen Transfusionsstrategie mit keiner oder wenigen Bluttransfusionen sicher durchführbar ist. Trotz dieser restriktiven Transfusionsstrategie, die zusätzlich die Gabe von Antifibrinolytika sowie den Einsatz eines cell savers und einer autologen Blutentnahme vorsah, konnte eine Normalisierung der INR innerhalb von 6 bis 12 Stunden nach kardiopulmonalem Bypass ohne die Transfusion plasmahaltiger Produkte erreicht werden. Ebenso konnte kein Unterschied zwischen dem Blutverlust über die Thoraxdrainage und den Hb-Werten zwischen Patienten, welche Transfusionen und welche wenige bzw. keine Transfusionen erhielten, gefunden werden. Darüber hinaus wies diese Strategie ein überzeugendes Langzeitergebnis nach 24 Monaten auf, da bis auf eine Ausnahme alle Patienten in NYHA-Klasse I und II verblieben waren (McRae et al. 2011).

Zusammenfassend zeigte sich im Rahmen unserer Umfrage eine eher liberale Transfusionsstrategie mit einer regelmäßigen Gabe von Blutprodukten oder Gerinnungsfaktoren an 64,3% der teilnehmenden PEA-Zentren. Da der Wert höher als in der Literatur liegt, kann dies in einem Bias im Rahmen der ungenauen Definition, der

retrospektiven Datensammlung oder dem verspäteten Wandel der Bluttransfusionen bei Pulmonalis-Endarterektomie begründet sein. Analog von Studien bei kardiochirurgischen Eingriffen, bei denen Bluttransfusionen mit der Morbidität und Mortalität assoziiert waren, konnte in unserer Umfrage ein Einfluss der Gabe von Blutprodukten auf die Krankenhausmortalität gesehen werden. Auch zeigte die Studie von McRae et al (2011), dass die Pulmonalis-Endarterektomie mit einem konservativen Transfusionsregime sicher durchführbar ist. Aufgrund möglicher Komplikationen wie dem TACO oder TRALI, welches möglicherweise den gleichen Mechanismus wie das Reperfusionslungenödem aufweist, zeigt sich demnach, dass eine konservative Transfusionsstrategie mit Reduktion der Transfusionsrate im Rahmen einer Pulmonalis-Endarterektomie erstrebenswert ist. Um diese Korrelation weiter zu erforschen, wären weiterführende Studien im Rahmen eines großangelegten prospektiven Registers indiziert.

#### 4.3.3 Bedarf für weitere Forschung

Die zwei wichtigsten Themen hinsichtlich des Bedarfs für weitere Forschung wurden mit dem Neuromonitoring/-therapie und der Antikoagulationstherapie für Patienten mit HIT Typ II durch 9 (64,3%) bzw. 8 (57,1%) der 14 teilnehmenden Zentren des Anästhesie I-Fragebogen angegeben. Um den Rahmen dieser Arbeit nicht zu überziehen, soll nachfolgend nur auf diese beiden Themen eingegangen werden.

Die in den Zentrumsberichten eingesetzten Methoden zum Neuromonitoring umfassen die Nahinfrarotspektroskopie, die zerebrale Oxymetrie, das EEG, SSEPs und den bispektralen Index und dienen zur Überprüfung der zerebralen Sauerstoffversorgung des ischämischen Gehirns bei Pulmonalis-Endarterektomie (Hagl et al. 2003, Demeyere et al. 2005, Manecke et al. 2005, Puis et al. 2005, Roscoe und Klein 2008, Vuylsteke et al. 2011, Shenoy et al. 2014). Allerdings werden die eingesetzten Methoden nach wie vor kontrovers diskutiert, da es unter anderem für die Nahinfrarotspektroskopie noch keine gesicherten Vorteile sowie keinen definierten Grenzwert zur Sauerstoffsättigung bei verschiedenen Temperaturen gibt (Roscoe und Klein 2008, Vuylsteke et al. 2011). Im Bereich der Neuroprotektion werden am häufigsten die topische Kühlung des Kopfes sowie Medikamente wie Steroide, Thiopental, Mannitol und Barbiturate in der Literatur zur Pulmonalis-Endarterektomie aufgeführt, die zusätzlich zu dem tiefen hypothermen Kreislaufstillstand während der Pulmonalis-Endarterektomie neurologische Defizite verhindern sollen (Hagl et al. 2003, Demeyere et al. 2005, Manecke et al. 2005, Puis et al. 2005, Roscoe und Klein 2008,

Vuylsteke et al. 2011). Ähnliche Ergebnisse zur Verwendung der Neuroprotektion konnten in unserer Umfrage gefunden werden.

Der für die Pulmonalis-Endarterektomie an den meisten Zentren eingesetzte tiefe hypotherme Kreislaufstillstand wird verwendet um Blutungen aus den hypertrophierten Bronchialarterien mitsamt ausgebildeter Kollateralen zu verhindern, dem Operateur ein komplett blutleeres OP-Feld zu bieten und somit Perforationen und eine inadäquate Dissektion mit nachfolgenden Komplikationen zu verhindern (Mikus et al. 2008, Jamieson 2011, Lafci et al. 2012). Allerdings kann durch den Einsatz des tiefen hypothermen Kreislaufstillstands auch ein erhöhtes neurologisches Risiko mit der Entwicklung eines postoperativen Delirs, Somnolenz oder Verwirrtheit vergesellschaftet sein (Mayer et al. 2011, de Perrot et al. 2011). Vor diesem Hintergrund kommt einem suffizientem Neuromonitoring und einer optimalen Neuroprotektion eine besondere Bedeutung zu.

In Bezug auf die Neuroprotektion gibt es verschiedene Zentren, die die Pulmonalis-Endarterektomie auch ohne tiefen hypothermen Kreislaufstillstand erfolgreich durchgeführt haben (Hagl et al. 2003, Mikus et al. 2008, Thomson et al. 2008, Berman et al. 2010). Zu diesen Methoden zählen die (selektive) antegrade zerebrale Perfusion und die retrograde Perfusion mit oder ohne Kreislaufstillstand und mit milder Hypothermie zwischen 26 und 32° C (Hagl et al. 2003, Demeyere et al. 2005, Mikus et al. 2008, Thomson et al. 2008, Berman et al. 2010, Lafci et al. 2012). In der prospektiven, randomisierten PEACOG-Studie von Vuylsteke et al. (2011) wurde die antegrade zerebrale Perfusion mit dem tiefen hypothermen Kreislaufstillstand, welcher auf jeweils 20 Minuten limitiert wurde, verglichen. Hier zeigte sich in einem Patientenkollektiv von 74 Patienten kein signifikanter Unterschied, sowohl in Hinsicht auf die kognitive Funktion als primären Endpunkt, als auch in Hinsicht auf die hämodynamischen Parameter zwischen beiden Gruppen. Jedoch musste bei 9 Patienten aufgrund unzureichender Einsehbarkeit der Dissektionstelle auf einen totalen Kreislaufstillstand umgestiegen werden. Um eine präzise Dissektion für eine komplette Endarterektomie durch ein blutleeres Feld durchführen zu können, wird daher der tiefe hypotherme Kreislaufstillstand empfohlen (Vuylsteke et al. 2011), wie er auch an vielen, vor allen großen Zentren bis zum heutigen Zeitpunkt als Standardmethode genutzt wird (Jamieson 2016). Analog hierzu verwendeten 13 von 15 teilnehmenden Zentren in unserer Umfrage den tiefen hypothermen Kreislaufstillstand.

Entgegen der aufgeführten Komplikationen, zeigen unsere Ergebnisse im intensivmedizinischen Teil dieser Studie, dass schwere zerebrale Ereignisse mit 2,6% selten sind und werden noch gesondert im Kapitel „Inzidenz von Komplikationen“ (4.4.3) aufgeführt. Da das Delir mit einer relativen Inzidenz von 8,5% jedoch an den teilnehmenden Zentren die Hauptkomplikation nach Pulmonalis-Endarterektomie darstellte und mit 33,3% als eine der drei Hauptursachen für eine verzögerte Extubation angesehen wurde, scheint weitere Forschung in diesem Bereich angebracht zu sein.

Zur Antikoagulation während des kardiopulmonalen Bypasses bei Pulmonalis-Endarterektomie wird an den Zentren Heparin in hoher Dosis mit einem Ziel-ACT von 400 s angewandt (Thistlethwaite et al. 2008, Thomson et al. 2008). Lediglich ein größeres Zentrum beschreibt in einem Bericht im Rahmen der Pulmonalis-Endarterektomie die Antikoagulation bei Patienten mit HIT-Anamnese und positiven Antikörpern. In diesen Fällen wurde die Antikoagulation mit Hilfe von Heparinoid und Hirudin oder Tirofiban gegeben vor der Heparinisierung durchgeführt (Manecke et al. 2005).

Die HIT Typ II ist zwar eine seltene Erkrankung, jedoch steigt die Inzidenz kontinuierlich an (Murphy und Marymont 2007, Breuer et al. 2013, Nazlı et al. 2014). Besonders in der Kardiochirurgie stellt dies eine Herausforderung dar, weil die Verwendung von Heparin im kardiopulmonalen Bypass bei diesem Patientengut kontraindiziert ist und die für HIT Typ II zugelassenen Medikamente nicht für den kardiopulmonalen Bypass zugelassen sind (Welsby et al. 2010, Breuer et al. 2013). Zusätzlich fehlen Antagonisten analog dem Protamin für die schnelle und komplette Aufhebung der Wirkung, ebenso wie kurzwirksame Substanzen zur Steuerung dieser Medikamente, weshalb das Blutungsrisiko erhöht und eine Über- bzw. Unterdosierung möglich sein kann (Breuer et al. 2013, Nazlı et al. 2014, Duggal et al. 2016). Ein weiterer Kritikpunkt ist eine mögliche Thrombosierung durch Bivalirudin bei niedriger aktivierter Koagulationszeit (ACT), zumal es nur einzelne Fallberichte in Bezug auf die Effekte und Pharmakokinetik von Bivalirudin bei Verwendung einer tiefen Hypothermie gibt (Duggal et al. 2016). Angesichts der zunehmenden Inzidenz, der noch geringen Studienlage sowie der problematischen Steuerung unter kardiopulmonalem Bypass stellt die intra- und postoperative Antikoagulationstherapie bei Patienten mit HIT Typ II im Rahmen der Pulmonalis-Endarterektomie, auch durch den Einsatz des tiefen hypothermen Kreislaufstillstands, ein Problem dar und sollte in weiterführenden Studien, beispielsweise im Rahmen einer retrospektiven Datenerhebung oder eines prospektiven Registers, untersucht werden.

## 4.4 Intensivmedizinische Aspekte

Wie in der Einleitung bereits ausführlich geschildert, liegen im Bereich des Beatungsmanagements und der Hämotherapie nur wenige Zentrumsberichte meist älteren Datums vor. Daher soll in den nachfolgenden Kapiteln einerseits auf die Übereinstimmungen bzw. Diskrepanzen der Ergebnisse mit der vorhandenen Literatur vergleichend eingegangen werden. Andererseits soll hier aufgezeigt werden, in welchen Gebieten weiterführende Studien oder Datensammlungen als sinnvoll erachtet werden können.

### 4.4.1 Beatungsmanagement

An 12 von 15 (80%) Zentren unserer Umfrage wurde postoperativ nach Pulmonalis-Endarterektomie ein Standardbeatungsmodus auf Intensivstation eingesetzt. Hierfür wurde am häufigsten die PCV (7 von 15 Zentren), gefolgt von SIMV-BiPAP (3 von 15 Zentren) gewählt. Das Tidalvolumen wies einen Bereich von 6 bis 10 ml/kgKG mit einem Median von 6,5 ml/kgKG auf, der PEEP reichte von 4 bis 10 mbar mit einem Median von 8 mbar. Als Atemfrequenz wurden von den Zentren im Median 14 Atemzügen pro Minute gewählt.

Wie bereits im Anästhesieteil dieser Arbeit ausführlich erläutert wurde, ist auch im Bereich der Intensivmedizin ersichtlich, dass eine lungenprotektive Beatmung von den Zentren favorisiert wurde. In der Literatur scheint die lungenprotektive Beatmung mit PCV im Rahmen der Pulmonalis-Endarterektomie ebenfalls weit verbreitet, die gewählten Einstellungen bezüglich des PEEP und Tidalvolumens decken sich größtenteils mit den von uns erhobenen Daten (Mares et al. 2000, Kramm et al. 2005, Narayana et al. 2010, Morsolini et al. 2012, Melchisedec et al. 2013, Yıldızeli et al. 2013, Guth et al. 2014).

Die Bevorzugung niedriger Tidalvolumina in Höhe von 6 bis 8 ml/kgKG durch die teilnehmenden Zentren ist auf dem Hintergrund der Empfehlungen des ARDS networks zur Prävention eines ARDS zu sehen (The Acute Respiratory Distress Syndrome Network 2000) und zielt womöglich darauf ab die Inzidenz eines ALI/ARDS und eines pulmonalen Ödems (Engelmann 2000) bzw. Reperfusionslungenödems, welches in der Literatur mit einer erhöhten Mortalität nach Pulmonalis-Endarterektomie assoziiert ist (Fedullo et al. 2001, Mayer 2010), zu senken. Allerdings konnte in einer kürzlich erschienen, prospektiven, randomisierten und kontrollierten Studie von Bates et al. (2015) an der University of California San Diego keine Differenz bezüglich der

Inzidenz eines Reperfusionslungenödems durch die Beatmung mit geringem (6 ml/kgKG) und normalem (10 ml/kgKG) Tidalvolumen bei ähnlicher Flüssigkeitsbilanzierung und fast identischer Gabe von Blutprodukten bei einer Gesamtanzahl von 128 Patienten, von der Einleitung bis zum dritten postoperativen Tag, gesehen werden. Ferner konnten ähnliche Ergebnisse der sekundären Endpunkte „Schwere der Hypoxämie, Beatmungstage, Krankenhaus- und Intensivaufenthalt“ in beiden Beatmungsgruppen erhoben werden. Ursächlich für das Ergebnis sehen die Forscher einen anderen Mechanismus des Reperfusionslungenödems an, welches im Gegensatz zum ARDS, meist auf ein oder zwei Lungenflügel begrenzt und durch das postoperative Stealphänomen der Pulmonalarterien, vor allem der kaudalen Lungenanteile, gekennzeichnet ist. Sie postulieren daher, dass ein größeres Tidalvolumen als Schutz vor Atelekttraumata dienen kann. Dieses überraschende Ergebnis kann ein erster Hinweis darauf sein, dass Empfehlungen, die in anderen Gebieten eine gewisse Allgemeingültigkeit besitzen, unter Umständen nicht auf das Management der Pulmonalis-Endarterektomie übertragbar sind. Dennoch ist die Studie dahingehend limitiert, dass sie lediglich die Daten eines Zentrums analysiert, und eine relativ geringe Stichprobe vorliegt, sodass die Generalisierbarkeit der Studie eingeschränkt ist. Da noch wenige Daten bezüglich der Inzidenz des Reperfusionslungenödems vorliegen (Poch et al. 2014), es keine einheitliche Definition gibt (Bates et al. 2015, Summers et al. 2016) und mehrere Faktoren möglicherweise einen Einfluss darauf haben können (Poch et al. 2014), wären weitere Entwicklungen in diesem Bereich sinnvoll.

Anders als die Empfehlung eines physiologischen PEEP in Höhe von 5 mbar des ARDS network, welche sich davon ableitet, dass bisher noch keine Vorteile von höheren PEEP-Werten unter anderem auf die Beatmungsdauer und die Krankenhausmortalität aufgezeigt werden konnten (The Acute Respiratory Distress Syndrome Network 2000), zeigen sich in unserer Umfrage höhere PEEP-Werte. Als mögliche Erklärung können die bereits im Anästhesieteil aufgezeigten Gründe vermutet werden, welche eine hypoxisch bedingte Vasokonstriktion aufgrund eines Ventilations-Perfusions-Ungleichgewichts, Atelektasen oder eines pulmonal-arteriellen Stealphänomens (Adams und Fedullo 2006, Trummer 2011, Roekaerts und Heijmans 2012) mit nachfolgender Erhöhung des pulmonal-vaskulären Widerstands bzw. der Entstehung eines Reperfusionslungenödems verhindern sollen.

Zusammenfassend konnte im Rahmen unserer Umfrage bei einem Großteil der teilnehmenden Zentren (80%) ein Standardbeatmungsmodus dokumentiert werden. Hier zeigte sich ein Trend zur lungenprotektiven Beatmung mit eher niedrigen



Tidalvolumina und einem hohen PEEP ab der Phase nach dem kardiopulmonalen Bypass bis einschließlich auf Intensivstation, was mit den Zentrumsberichten in der Literatur sowie der Empfehlung des ARDS network korreliert. Bedeutend hierfür kann die als hoch eingeschätzte Inzidenz des Reperfusionslungenödems und ALI/ARDS angesehen werden, welche möglicherweise mit einer Erhöhung des pulmonal-vaskulären Widerstands assoziiert sind. Demgegenüber steht die kürzlich erschienene Studie von Bates et al. (2015), die keine Differenz der Inzidenz des Reperfusionslungenödems in Abhängigkeit des Tidalvolumens darstellen konnte. Da eine einheitliche Definition des Reperfusionslungenödems bis jetzt nicht vorliegt und nur wenige Daten zur Inzidenz des selbigen vorhanden sind, sollte zunächst eine weltweit anerkannte Definition etabliert werden um nachfolgend valide, prospektive Studien mit ausreichendem Stichprobenumfang (beispielsweise im Rahmen eines weltweiten Registers) zu Einflussfaktoren auf die Entstehung des Reperfusionslungenödems durchführen zu können. Ferner wären weitere Studien zum Einfluss der verschiedenen Beatmungsfaktoren auf das ALI/ARDS bei Pulmonalis-Endarterektomie wünschenswert.

#### 4.4.2 Volumen- und Hämotherapie

An 9 von 15 (60%) der teilnehmenden Zentren des Intensiv I-Fragebogens wurde routinemäßig eine Leitlinie zur postoperativen Flüssigkeitsbilanz nach Pulmonalis-Endarterektomie eingesetzt. Hierbei entschieden sich 6 Zentren für eine mäßig negative Flüssigkeitsbilanz in Höhe von -1000 ml und 3 Zentren für eine balancierte Flüssigkeitsbilanz mit +/- 1000 ml in den ersten 24 postoperativen Stunden. Falls ein Volumenersatz erfolgen musste, wählten 60% der Zentren Kristalloide, gefolgt von Albumin (53,3%) und HAES (53,3%).

Die in unserer Umfrage gefundene Wahl einer balancierten und negativen Flüssigkeitsbilanzierung entspricht einzelnen Berichten von PEA-Zentren (Thistlethwaite et al. 2006a, Valchanov und Vuylsteke 2006, Saouti et al. 2009, Maliyasena et al. 2012), obgleich in der Literatur von vielen Zentren angegeben wurde eine aggressive Diurese in der postoperativen Phase durchzuführen, jedoch ohne konkrete Benennung der angestrebten Bilanz (D'Armini et al. 2005, Demeyere et al. 2005, Thomson und Jenkins 2009, Narayana et al. 2010, McRae et al. 2011, Madani et al. 2012, Morsolini et al. 2012, Melchisedec et al. 2013, Yıldızeli et al. 2013). Korrelierend hierzu zeigt eine neuere klinische Studie im Bereich des postoperativen Flüssigkeitsmanagements nach kardiothorakalen Eingriffen, dass auch hier eine

minimale Volumentherapie und negative Flüssigkeitsbilanz angestrebt werden sollte (Mariscalco und Musumeci 2014).

Durch den Einsatz des kardiopulmonalen Bypasses, den intraoperativen Volumenersatz (Stephens et al. 2013) und die bestehende chronische Herzinsuffizienz liegt nach Pulmonalis-Endarterektomie meist eine positive Volumenbilanz vor, welche im Rahmen einer Aktivierung von proinflammatorischen und vasokonstriktorischen Mediatorenkaskaden sowie einer zusätzlichen Erhöhung der pulmonalvaskulären Permeabilität (Baehner et al. 2012) zu einem Reperfusionslungenödem führen kann. Einige Zentren konnten bereits feststellen, dass bei den meisten Patienten postoperativ nach Pulmonalis-Endarterektomie eine milde Form des Reperfusionslungenödems vorliegt (Adams und Fedullo 2006, Shenoy et al. 2014). Außerdem scheint die Volumenbilanz mit der Erhöhung des pulmonal-arteriellen Drucks verknüpft zu sein (Jamieson und Kapelanski 2000), welche zu einer Dekompensation des postoperativ noch in der Compliance eingeschränkten rechten Ventrikels (Adams 2006) führen kann. Mit Hilfe der aggressiven Diurese und negativen Flüssigkeitsbilanzierung konnte in der Literatur zur Pulmonalis-Endarterektomie jedoch bereits erfolgreich die Häufigkeit des Reperfusionslungenödems gesenkt werden (Valchanov und Vuylsteke 2006, Saouti et al. 2009, Maliyasena et al. 2012).

Bezüglich der gewählten Volumenersatzmittel ähneln die Ergebnisse unserer Umfrage denen in der Literatur bei Pulmonalis-Endarterektomie (McRae et al. 2011), wobei ein einzelnes Zentrum in einem Bericht auf die Gabe von Kristalloiden verzichtete (Thomson und Jenkins 2009). In der kardiochirurgischen Literatur kann im Rahmen der intensivmedizinischen Versorgung eine Flüssigkeitssubstitution mit Kolloiden und Kristalloiden gefunden werden (Vlaar et al. 2012), allerdings scheint aufgrund der Debatte über negative Auswirkungen der Kolloide auf die Koagulation und renale Funktion zumindest in der Kardiorthoraxchirurgie von der Gabe von Kolloiden mittlerweile Abstand genommen zu werden (Mariscalco und Musumeci 2014). Ferner wurde nach der 2012 von Perner et al. sowie von Myburgh et al. erschienen Studie der Einsatz von HAES bei septisch und kritisch kranken Patienten durch die europäische Arzneimittelagentur und die deutsche Arzneimittelkommission in der Europäischen Union im Jahr 2013 als kontraindiziert eingestuft (Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte 2013). Dies muss bei der Interpretation der vorliegenden Ergebnisse der teilnehmenden Zentren berücksichtigt werden und würde bei einer erneut durchgeführten Umfrage wahrscheinlich zu einem differierenden Ergebnis führen.

Zur Prävention eines Reperfusionslungenödems und um den zentralen Venendruck für den in der Compliance eingeschränkten rechten Ventrikel konstant zu halten (Thistlethwaite et al. 2006a), stellt die postoperative Flüssigkeitstherapie eine Gratwanderung für die optimale Flüssigkeitsbilanzierung dar. Dies spiegelt sich in den uneinheitlichen Ergebnissen wider. Einerseits soll durch die Erhaltung eines ausreichenden kolloidosmotischen Drucks eine exzessive Akkumulation von extravaskulärem Wasser reduziert werden, was den hohen Einsatz von Kolloiden in Form von HAES und Albumin in unserer Umfrage erklären könnte. Andererseits ist zur Erhaltung eines adäquaten zentralen Venendruck eine adäquate Volumentherapie notwendig. Poch et al. (2014) führten jüngst eine Studie an 479 Patienten der University of California San Diego durch, welche bei Patienten mit Reperfusionslungenödem eine Korrelation zwischen präoperativ erhöhten Werten der rechtsatrialen Drücke, des mittleren pulmonal-arteriellen Drucks und des pulmonal-vaskulärem Widerstands, welche postoperativ persistierten, aufzeigen konnten. Sie postulierten daher, dass die präoperative Hämodynamik und der Volumenstatus Einflussfaktoren für die Entstehung eines Reperfusionslungenödems sein können. Um daher ein optimales Volumenmanagement nach Pulmonalis-Endarterektomie entwickeln zu können, wäre es sinnvoll eine Umfrage nach mittlerweile vollzogenem Paradigmenwechsel durchzuführen mit dem Ziel einen Zusammenhang zwischen der gewählten Bilanzierung sowie dem Auftreten eines Reperfusionslungenödems bzw. eines kardialen Versagens herzustellen. Ferner wäre, aufbauend auf der Studie von Poch et al. (2014), eine Analyse des Einflusses der verabreichten Volumenersatztherapie auf den ZVD und die Inzidenz der genannten Komplikationen als wertvoll zu erachten.

Im Bereich der Hämotherapie lag an 11 von 15 Zentren (73,3%) des Intensiv I- Fragebogens ein Grenzwert für die Transfusion von Erythrozytenkonzentraten vor. Durch die Angabe von 9 der 15 Zentren konnte ein Median von 10 g/dl für den Hämoglobinwert bzw. 30% für den Hämatokritwert ermittelt werden. Dies entspricht den Transfusionstriggern, welche in der Literatur zur Pulmonalis-Endarterektomie gefunden werden konnten (Demeyere et al. 2005, Maliyasena et al. 2012), stellen jedoch aufgrund der geringen Stichprobe in unserer Umfrage keine repräsentative Aussage dar. Auch hier zeigt sich, eventuell bedingt durch den nur langsam vorangehenden Paradigmenwechsel bezüglich der Verabreichung von Blutprodukten, welcher bereits ausführlich im Anästhesieteil dieser Arbeit beschrieben wurde, dass im Gegensatz zu anderen kardiochirurgischen Eingriffen mit kardiopulmonalem Bypass mit einem Grenzwert von 7 bzw. 8,7 g/dl (Hung et al. 2011, Vlaar et al. 2012) und

einem Hämatokritwert von 24% (Martin et al. 2011) bei der PEA ein höherer Transfusionstrigger vorlag.

Gründe, die für eine eher liberale Transfusionspraxis der teilnehmenden Zentren angenommen werden können, stellen frühere Studien dar, die eine Anämie als unabhängigen Risikofaktor für die Morbidität und Mortalität aufzeigten (Carson et al. 1996, DeFoe et al. 2001). Ebenso ist die Ansicht, dass nach langen Zeiten des tiefen hypothermen Kreislaufstillstands Koagulopathien entstehen (Roscoe und Klein 2008) und Einschränkungen der Hämostase durch die Ischämiezeit, Volumentherapie und den Einsatz des kardiopulmonalen Bypasses mit vorübergehender Heparinisierung verursacht werden können (Shore-Lesserson 2001), weit verbreitet. Demgegenüber stehen Studien im Bereich der Kardiochirurgie, welche eine erhöhte Mortalitätsrate mit der Gabe von Erythrozytenkonzentraten assoziieren konnten (Koch et al. 2006, Möhnle et al. 2011, Bhaskar et al. 2012). Daher hat sich mittlerweile eine eher restriktive Hämotherapie auch bei Patienten mit kardiovaskulären Erkrankungen etabliert (McIntyre et al. 2013, Spahn et al. 2015) um die mittlerweile bekannten nachteiligen Wirkungen, die bereits ausführlich im Kapitel „Hämotherapie“ (4.3.2) im anästhesiologischen Teil aufgeführt wurden, zu minimieren. Ein optimaler Hämoglobin-/ Hämatokritgrenzwert für die Transfusion von Erythrozytenkonzentraten wird jedoch weiter kontrovers gesehen (Carson et al. 2013).

Zusammenfassend konnte an 60% der teilnehmenden Zentren unserer Umfrage das Vorliegen einer Leitlinie zur postoperativen Flüssigkeitsbilanzierung nach Pulmonalis-Endarterektomie beobachtet werden. Am häufigsten wurde hierfür eine mäßig negative, gefolgt von einer balancierten Flüssigkeitsbilanz gewählt. Dies steht in Kontrast zu der in der Literatur angegebenen „aggressiven Diurese“. Generell scheint die Volumentherapie nach Pulmonalis-Endarterektomie eine Gratwanderung darzustellen, welche einerseits einen ausreichenden kolloidosmotischen Druck aufrechterhalten und andererseits eine Erhöhung der pulmonal-vaskulären Permeabilität verhindern soll. Eine Empfehlung zur Höhe der Flüssigkeitsbilanz sowie dem Einfluss der Volumentherapie auf die Entstehung eines Reperfusionslungenödems fehlen bislang, dennoch scheint nach der Studie von Poch et al. (2014) unter anderem der Volumenstatus ein Einflussfaktor zu sein. Wie bereits beschrieben, sollte zunächst eine weltweit anerkannte Definition des Reperfusionslungenödems entwickelt werden, bevor nachfolgend in prospektiven Studien (beispielsweise in einem weltweiten Register) Einflussfaktoren auf die Inzidenz des selbigen analysiert werden sollten. Bezüglich der Transfusion von

Erythrozytenkonzentraten lag bei 73,3% der Zentren ein Grenzwert vor, welcher mit 10 g/dl einer eher liberalen Transfusionsstrategie entspricht und in wenigen Zentrumsberichten in entsprechender Angabe gefunden werden konnte. Ursächlich kann ein langsamer Paradigmenwechsel zur Verabreichung von Blutprodukten sein, sodass eine Studie in Bezug auf Transfusionstrigger zum jetzigen Zeitpunkt möglicherweise differierende Ergebnisse liefern würde, in Einklang mit den bereits publizierten und in den Vorkapiteln ausführlich beschriebenen Studien. Eine weiterführende Analyse zum aktuellen Zeitpunkt, auch in Hinblick auf einen Einfluss auf die Morbidität wäre daher als sinnvoll zu erachten.

#### 4.4.3 Inzidenz von Komplikationen

Die relative Gesamtinzidenz von Komplikationen im Jahr 2009 wurde von 10 Zentren angegeben und war mit 8,5% für das Delir am höchsten, gefolgt vom schweren Reperfusionslungenödem (5,4%), der schweren Nachblutung (3,7%), den schweren, persistierenden neurologischen Komplikationen (2,6%) und dem ARDS (1,2%). Lediglich bei 0,4% der Patienten trat eine Rethrombosierung der Pulmonalarterien nach Pulmonalis-Endarterektomie auf. Erstaunlich ist das fehlende Auftreten von einigen Komplikationen wie dem Delir und der schweren Nachblutung an Zentren, die mit drei bzw. acht und 17 Patienten nach Pulmonalis-Endarterektomie eher wenige Patienten im Jahr 2009 versorgt hatten.

Als Vergleich zu den von uns gefundenen Ergebnissen dient die einzige multizentrische Studie von Mayer et al. (2011), welche im Rahmen des CTEPH-Registers Inzidenzen der verschiedenen PEA-Zentren gesammelt hatte. Auffallend sind deutliche Unterschiede der Inzidenz von neurologischen Komplikationen, des Reperfusionslungenödems und von Nachblutungen. Diese lagen mit 10,2% für Nachblutungen nach Pulmonalis-Endarterektomie und 9,6% für das Reperfusionslungenödem im CTEPH-Register höher als in unserer Umfrage. Auch die neurologischen Komplikationen wurden im CTEPH-Register mit einer höheren Inzidenz von 11,2% beschrieben, jedoch wurden diese nicht näher definiert, sodass ein Vergleich mit unseren erhobenen Daten nicht möglich ist. Verglichen mit dem Syntax-Trial (Serruys et al. 2009), welcher neurologische Komplikationen bei koronararteriellen Bypassoperationen untersuchte, zeigt sich eine ähnliche niedrige Inzidenzrate von 2,2%, entsprechend dem in unserer Umfrage gefundenen Ergebnis.

Im Kontext der Gesamtliteratur zur Pulmonalis-Endarterektomie können die Inzidenz des Delirs zusammen mit den neurologischen Komplikationen und die Inzidenz der

Nachblutung mit erforderlicher Reoperation als durchschnittlich eingeordnet werden. So gibt es Zentren, die mit 0 bis 6,1% (Jamieson et al. 2003, de Perrot et al. 2011, Yıldızeli et al. 2013) unter dem Ergebnis der Umfrage, jedoch auch ein Zentrum, welches mit einer Inzidenz an neurologischen Komplikation von 15% (Gu et al. 2010) darüberliegt. Bei der Inzidenz der Nachblutung mit erforderlicher Reoperation liegen Werte von 2,9 und 3,5% (Maliyasena et al. 2012, Thistlethwaite et al. 2008) sowie von 6,1 und 8% (Yıldızeli et al. 2013, Gu et al. 2010) vor. Lediglich im Rahmen des Reperfusionslungenödems ließen sich keine anderen Zentren mit niedrigeren Inzidenzen finden, diese variierten zwischen 6,1 und 24% (Thistlethwaite et al. 2008, Gu et al. 2010, de Perrot et al. 2011, Maliyasena et al. 2012, Yıldızeli et al. 2013). Durch das Fehlen einheitlicher Definitionen ist die Vergleichbarkeit der Ergebnisse einzelner Zentren sowie mit unserer Studie erschwert, daher wären vor der Durchführung weiterer Studien, welche darauf abzielen Zusammenhänge von Therapieoptionen auf Komplikationen zu finden und auch durch verschiedenen Zentren erhoben werden können, genauere Definitionen notwendig.

Bezüglich der Inzidenz von neurologischen Komplikationen ist in unserer Umfrage zu beobachten, dass diese gegenüber anderen Zentrumsberichten gering ist. Obwohl Patienten mit CTEPH krankheitsbedingt eine Hyperkoagulabilität aufweisen und daher für neurologische Komplikationen wie einem Hirnfarkt ein höheres Risiko besteht (Ortmann et al. 2015), kann die niedrige Inzidenz durch bereits erfolgte Studien im Bereich der Dauer des tiefen hypothermen Kreislaufstillstandes während der Pulmonalis-Endarterektomie (Mayer et al. 2011) oder die begleitende topische Kühlung des Kopfes (Thistlethwaite et al. 2008) herrühren. Um den Umfang der Arbeit nicht zu überschreiten, soll an dieser Stelle nicht näher darauf eingegangen werden.

Besonders die Inzidenz des Reperfusionslungenödems, das neben der persistierenden pulmonalen Hypertonie als Hauptursache für die Morbidität und Mortalität angesehen wird (Auger et al. 2004, Yıldızeli et al. 2013, Ogino 2014, Bates et al. 2015), hat sich in den letzten 20 Jahren drastisch reduziert (Mayer et al. 2011) und ist in seiner schweren Ausprägung in unserer Studie eher selten anzutreffen. Die Ursachen für das Reperfusionslungenödem sind jedoch auch aufgrund der angenommenen multifaktoriellen Genese weiterhin unklar (Thistlethwaite et al. 2006a, Mayer et al. 2011), wobei eine verbesserte postoperative Versorgung mit lungenprotektiver Beatmung und adäquater Flüssigkeitsbilanzierung (Mayer et al. 2011, Ogino 2014) bisher und auch in unserer Umfrage eine wichtige Rolle in der Prävention und Therapie einzunehmen scheinen. In den jüngsten, bereits erläuterten Studien von Bates et al. (2015) und Poch et al. (2014) wurden wichtige Einflüsse wie die präoperative

Hämodynamik und der Volumenstatus sowie ein hohes Tidalvolumen aufgezeigt. Da diese jedoch Studien eines einzelnen Zentrums darstellen, lassen sich die Einflüsse der peri- und postoperativen Behandlungsstrategien auf Morbidität und Mortalität bei Pulmonalis-Endarterektomie nicht gänzlich klären.

Die an den teilnehmenden Zentren gefundene Rethrombosierungsrate im postoperativen Verlauf bei einem von 269 Patienten ist nicht verwunderlich. In den letzten Jahrzehnten wurden enorme Anstrengungen im Bereich der Erforschung chirurgischer Aspekte der Pulmonalis-Endarterektomie unternommen (Jamieson und Kapelanski 2000, Jamieson et al. 2003), wobei man nach wie vor eine frühzeitige Antikoagulation nach dem chirurgischen Eingriff der Pulmonalis-Endarterektomie anstrebt (Keogh et al. 2009, Maliyasena et al. 2012, Yıldızeli et al. 2013, Shenoy et al. 2014). Dies kann eine mögliche Begründung für das gute Ergebnis in unserer Studie sein, wobei die Rethrombosierung generell aufgrund der fehlenden Erwähnung in den Zentrumsberichten heutzutage keine große Rolle zu spielen scheint.

Zusammenfassend decken sich die von uns erhobenen Inzidenzraten mit den in der Literatur beschriebenen. Um jedoch eine Vergleichbarkeit zu erhalten, sollten vor der Durchführung weiterer Forschung zunächst einheitliche Definitionen erarbeitet werden. Wie bereits in den Vorkapiteln herausgearbeitet, scheint besonders im Bereich des Reperfusionslungenödems, welches einen erheblichen Einfluss auf die Morbidität und Mortalität zu haben scheint, weitere Forschung indiziert.

#### 4.4.4 Bedarf für weitere Forschung

Bei den vorgegebenen Themengebieten zum Bedarf für weitere Forschung in unserer Umfrage wurden die Themen zur Therapie der persistierenden pulmonalen Hypertonie nach Pulmonalis-Endarterektomie sowie das Reperfusionslungenödem (jeweils 93,3%), und die postoperative Beatmungstherapie (66,7%) von den 15 teilnehmenden Zentren am häufigsten ausgewählt. Da auf das Reperfusionslungenödem und die postoperative Beatmungstherapie bereits ausführlich im Rahmen dieser Arbeit eingegangen wurde, soll nachfolgend die Therapie der persistierenden pulmonalen Hypertonie nach Pulmonalis-Endarterektomie genauer ausgeführt werden.

Die persistierende pulmonale Hypertonie nach Pulmonalis-Endarterektomie hat multifaktorielle Gründe wie eine signifikante distale Mikroangiopathie, vorübergehende pulmonale Gefäßspasmen durch Hypoxämie, unzureichende Endarterektomie oder ein

pulmonales Ödem (Thomson und Jenkins 2009, Mayer et al. 2011, Yıldızeli et al. 2013). Generell scheint sie mit Inzidenzraten von bis zu 18% (Delcroix et al. 2016) häufig aufzutreten und wird neben dem Reperfusionslungenödem als Hauptursache für die Morbidität und Mortalität nach Pulmonalis-Endarterektomie angesehen (Yıldızeli et al. 2013, Leung et al. 2016). Dennoch fehlen bislang eine einheitliche Definition sowie klare Angaben über die klinische Relevanz bzw. die Relation zwischen hämodynamischen Grenzen, die mit einem schlechten Ergebnis der Pulmonalis-Endarterektomie assoziiert sind (Hoeper 2016), und somit einer medikamentösen Therapie bedürfen.

Eine medikamentöse Therapie der persistierenden pulmonalen Hypertonie nach Pulmonalis-Endarterektomie ist mit Endothelinrezeptorantagonisten, PDE5-Inhibitoren und Prostanoiden möglich, welche eine Vasodilatation bewirken sowie bei Prostazyklinanaloga eine inhibierende Wirkung auf die Thrombozytenaktivierung und die vaskuläre Proliferation- zwei Pathomechanismen der CTEPH- haben (Wittine und Auger 2010). Ausführliche Studien liegen unter anderem zu dem Wirkstoff Iloprost (Kramm et al. 2005) und Bosentan im Rahmen der BENEFiT-Studie von Jaïs et al. (Jaïs et al. 2008) vor. Als neuestes Präparat wurde bis zum Jahr 2013 der Guanylatzyklasestimulator Riociguat bei inoperablen CTEPH-Patienten oder Patienten mit persistierender bzw. wiederkehrender pulmonaler Hypertonie nach Pulmonalis-Endarterektomie in randomisierten, placebokontrollierten Doppelblindstudien getestet (Ghofrani et al. 2010, Simonneau et al. 2014), welche nicht nur bei den primären Endpunkten „Sicherheit“ und „Verträglichkeit“ gute Ergebnisse, sondern eine deutliche Besserung der 6-Minuten-Gehstrecke sowie eine Stabilisierung bzw. Verbesserung bei 58% bzw. 39% der Patienten gegenüber Placebo in einem Studienrahmen von 2 Jahren mit einer Überlebensrate von 93 % in der Patientengruppe mit persistierender oder wiederkehrender pulmonaler Hypertonie nach Pulmonalis-Endarterektomie erzielen konnten (Simonneau et al. 2014).

Bis zum jetzigen Zeitpunkt liegen keine weiteren randomisierten Studien zu anderen Präparaten vor. Ebenso haben die meisten der bisherigen (Beobachtungs-)Studien die Medikamentenwirkung nur an inoperablen CTEPH-Patienten untersucht (Reichenberger et al. 2007, Suntharalingam et al. 2008). Zusätzliche Hindernisse stellen substanzspezifische Nebenwirkungen wie der Rebound der pulmonalen Hypertonie durch inhaliertes NO (Miller et al. 1995) bzw. durch Prostazyklinanaloga (Shenoy et al. 2014) oder ein vermehrter Transaminasenanstieg durch Bosentan (Jaïs et al. 2008) dar. Wichtig scheinen jedoch auch bei der postoperativ persistierenden pulmonalen Hypertonie die Medikamentenwechselwirkungen. So wurde bereits eine



Wechselwirkung zwischen Warfarin und Bosentan (Weber et al. 1999, Murphey und Hood 2003), sowie zwischen Warfarin und Sildenafil mit nachfolgender Hypokoagulopathie (Fernandez und Roma 2003) beobachtet, was postoperativ nach Pulmonalis-Endarterektomie durch den Einsatz des kardiopulmonalen Bypasses und der unmittelbaren Antikoagulationstherapie eine große Rolle spielen kann. Zudem fehlen Nachweise über die Wirkung von Kombinationstherapien bei CTEPH (Bresser et al. 2006) und dadurch auch bei der persistierenden pulmonalen Hypertonie nach Pulmonalis-Endarterektomie. Im Einklang dazu ist bis zum jetzigen Zeitpunkt bisher nur Riociguat als einziges Medikament für die CTEPH zugelassen worden (Kim et al. 2013), was in Kontrast zur Studienlage und den Therapieoptionen bei pulmonal-arterieller Hypertonie steht.

Für die medikamentöse Therapie bei persistierender pulmonaler Hypertonie nach Pulmonalis-Endarterektomie kann daher weitere Forschung in diesem Bereich nützlich sein (Bresser et al. 2006), ferner wäre zur Prävention einer persistierenden pulmonalen Hypertonie eine Studie, welche die verschiedenen Einflussfaktoren auf den pulmonal-vaskulären Widerstand wie die Beatmungs- und Volumentherapie untersucht, empfehlenswert.

## 5 Zusammenfassung

Die chronisch thromboembolische pulmonale Hypertonie (CTEPH) ist eine Erkrankung mit signifikanter Morbidität und Mortalität, die aufgrund verbesserter Diagnosemethoden einen Anstieg in der Prävalenz erlebt hat. Die Therapie der Wahl stellt bislang die kurative Pulmonalis-Endarterektomie (PEA) dar, welche durch Fortschritte in der standardisierten Operationstechnik mittlerweile drastisch reduzierte Mortalitätsraten vorweisen kann. Dennoch ist das anästhesiologische und intensivmedizinische Management für diesen Eingriff ebenfalls komplex, wobei hierfür Standardisierungen fehlen und nur wenige Studien und Reviews vorliegen. Es wurde daher zwischen Mai 2010 und Juni 2011 eine retrospektive, groß angelegte Onlinestudie an 27 weltweiten Zentren durchgeführt mit dem Ziel Behandlungsstandards an PEA-Zentren zu analysieren.

Die Rücklaufquote betrug bis zu 59,3%, was einer relativ hohen Quote bei medizinischen Umfragen entspricht. Insgesamt waren an den teilnehmenden Zentren im Jahr 2009 zwischen 3 und 126 Patienten im Rahmen der PEA operiert worden, die Gesamtmortalitätsrate betrug 6,3%. Das Alter wies einen Median in Höhe der 6. Lebensdekade auf (Spannweite: 13-84 Jahre) mit einer leichten Dominanz des männlichen Geschlechts (52%). Im Bereich des anästhesiologischen und intensivmedizinischen Managements zeigte sich ein einheitlicher Trend zu einer lungenprotektiven Beatmung nach dem kardiopulmonalen Bypass und auf Intensivstation. Die postoperative Volumentherapie zeigte sich hingegen uneinheitlich, was sich auf die Entwicklung eines Reperfusionenlungenödems und ALI/ARDS auswirken kann. In der peri- und postoperativen Phase zeigte sich eine eher liberale Transfusionsstrategie, was eventuell in einem verspäteten Wandel zur Minimierung von Transfusionen bei PEA begründet ist. Mittels generalisiertem linearen Modell konnte ein Einfluss der Gabe von Blutprodukten auf die Krankenhausmortalität dargestellt werden.

Als limitierend auf unsere Studie wirkte sich einerseits der geringe Stichprobenumfang und somit die Generalisierbarkeit der Umfrage aus, andererseits war keine weiterführenden Testung der Hypothesen auf Confounder möglich.

Insgesamt stellt die Umfrage die erste und bisher einzige großflächige Erfassung des peri- und postoperativen Vorgehens im Bereich der Anästhesie und Intensivmedizin bei PEA dar und liefert wichtige Erkenntnisse. Anhand dieser sollten zunächst einheitliche Definitionen der häufigsten Komplikationen erstellt werden um nachfolgend in randomisierten, prospektiven Studien mit größeren Stichprobenumfängen ausgewählte Themen weiter analysieren zu können.

## 6 Summary

Chronic thromboembolic pulmonary hypertension (CTEPH) is a disease associated with significant morbidity and mortality which has experienced a rise in prevalence due to improved methods of diagnostics. The therapy of choice is represented through the curative pulmonary endarterectomy (PEA) which has shown drastically reduced rates of mortality due to improvements in standardized surgical technique. The anesthesiological and intensive care management for this procedure presents complex as well, but standards for it are missing, and only a few studies and reviews exist. Therefore a retrospective, large-scale online study was conducted among 27 centers from May 2010 until June 2011 with the goal to analyze standards of treatment in PEA centers.

The response rate averaged up to 59,3%, which corresponds as a relatively high quote for medical surveys. A total of between 3 and 126 patients had been operated at the participating centers in the context of PEA in the year of 2009, the overall-mortality was 6,3%. The age showed a median at the 6<sup>th</sup> decade of life (range: 13-84 years) with a slight prevalence of the male gender (52%). In regard to the anesthesiological and intensive care management, a consistent trend towards lung-protective ventilation could be found after the cardiopulmonary bypass and in the intensive care unit. On the contrary, the postoperative volume therapy appeared inconsistent, which may have an effect on the development of the reperfusion lung edema and ALI/ARDS. During the peri- and postoperative stage a rather liberal transfusion strategy could be noticed which may be caused by a late transition towards minimal blood transfusions in PEA. Accordingly, an influence between the administration of blood products and the in-hospital mortality could be demonstrated with the use of the generalized linear model.

Limits to our study exist due to the small sample size, affecting the generalizability of the study, and the impossibility to conduct further tests on hypotheses regarding possible confounders.

Overall, the study represents the first and so far only large-scale compilation of the peri- and postoperative approach in anesthesia and intensive care for PEA and provides important insights. On this basis, uniform definitions of the most frequent complications should be created first in order to then be able to analyze selected topics in prospective randomized studies with a bigger sample size.

## 7 Abkürzungs-, Abbildungs-, Tabellenverzeichnis

### 7.1 Abkürzungsverzeichnis

A.	Arteria
Aa.	Arteriae
ACT	Aktivierte Koagulationszeit
AF	Atemfrequenz
ALI	Akute Lungeninsuffizienz (acute lunge injury)
ARDS	Akutes Atemnotsyndrom (acute respiratory distress syndrome)
BiPAP	Biphasischer positiver Atemwegsdruck
CPB	Kardiopulmonaler Bypass (cardiopulmonary bypass)
cmH <sub>2</sub> O	Zentimeter-Wassersäule (=mbar)
CT	Computertomographie
CTEPH	Chronisch thromboembolische pulmonale Hypertonie
DHCA	Tiefer hypothermer Kreislaufstillstand (deep hypothermic circulatory arrest)
EEG	Elektroenzephalogramm
EKG	Elektrokardiogramm
EKs	Erythrozytenkonzentrate
FB	Fragebogen
FiO <sub>2</sub>	Inspiratorische Sauerstoffkonzentration
FFP	Gefrorenes Frischplasma (fresh frozen plasma)
HAES	Hydroxyethylstärke
Hb	Hämoglobin
HIT	Heparin-induzierte Thrombozytopenie
Hkt	Hämatokrit
HZV	Herzzeitvolumen
I:E	Verhältnis von Inspiration zu Expiration
Inh.	Inhalativ
INR	International Normalized Ratio
IPPV	Ventilation mit intermittierendem positivem Druck
i.v.	Intravenös
kg	Kilogramm
KG	Körpergewicht
ml	Milliliter
mPAP	mittlerer pulmonal-arterieller Druck
N.	Nervus

n	Anzahl
NO	Stickstoffmonoxid
NT-pro-BNP	N-terminales pro brain natriuretic peptide
NYHA	New York Heart Association
p	Signifikanzwert
PAH	Pulmonal-arterielle Hypertonie
P <sub>a</sub> O <sub>2</sub>	Arterieller Sauerstoffpartialdruck
PAWP	Pulmonal-arterieller Wedgedruck
PCV	Druckkontrollierte Ventilation
PEA	Pulmonalis-Endarterektomie
PEEP	Positiv-endexpiratorischer Druck
PH	Pulmonale Hypertonie
p.o.	Per os
PVR	Pulmonalvaskulärer Widerstand
s	Sekunde
s.c.	Subkutan
SIMV	Synchronisierte intermittierende mandatorische Ventilation
SSEP	Somatosensorisch evozierte Potentiale
TACO	Transfusionsassoziierte Kreislaufüberlastung (transfusion associated circulatory overload)
TEE	Transösophageale Echokardiographie
TRALI	Transfusionsassoziierte Lungeninsuffizienz
TTE	Transthorakale Echokardiographie
UCSD	University of California, San Diego
V.	Vena
VCV	Volumenkontrollierte Ventilation
V/Q-Szintigraphie	Ventilations-Perfusions-Szintigraphie
WHO	World Health Organisation

## 7.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Absolute Häufigkeit der postoperativ nach PEA standardmäßig verwendeten Beatmungsmodi.....	45
Abbildung 2: Absolute Häufigkeit der Ursachen für eine verzögerte Extubation.....	47

## 7.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: WHO-Einteilung der pulmonalen Hypertonien nach Dana Point 2008 .....	2
Tabelle 2: NYHA-Klassifikation .....	7
Tabelle 3: Jamieson-Klassifikation des intraoperativen Befundes.....	14
Tabelle 4: „UCSD surgical level classification“ .....	15
Tabelle 5: Themengebiete der sieben eingesetzten Fragebögen .....	30
Tabelle 6: Absolute und relative Rücklaufquote der einzelnen Fragebögen.....	37
Tabelle 7: Nähere Angaben zu den Standardbeatmungsparametern vor dem CPB....	41
Tabelle 8: Nähere Angaben zu den Standardbeatmungsparametern nach dem CPB..	42
Tabelle 9: Absolute und relative Häufigkeit der intraoperativ verabreichten Blutprodukte und Gerinnungsfaktoren .....	43
Tabelle 10: Interesse der teilnehmenden Zentren an den vorgegebenen Themen zur weiteren Forschung im perioperativen Bereich der PEA.....	44
Tabelle 11: Nähere Angaben zum postoperativen Standardbeatmungsmodus nach PEA.....	46
Tabelle 12: Absolute und relative Häufigkeit der postoperativ nach PEA verabreichten Plasmaersatzprodukte.....	48
Tabelle 13: Absolute und geschätzte Inzidenz zu Komplikationen im Jahr 2009 .....	49
Tabelle 14: Absolute und relative Häufigkeit der unterschiedlichen Arten des tiefen hypothermen Kreislaufstillstand .....	50
Tabelle 15: Interesse der teilnehmenden Zentren an den vorgegebenen Themen zur weiteren Forschung im postoperativen Bereich der PEA.....	50

## 8 Literaturverzeichnis

Adams, A. und Fedullo, P. F. (2006): Postoperative Management of the Patient Undergoing Pulmonary Endarterectomy. In: *Seminars in Thoracic and Cardiovascular Surgery* 18 (3), S. 250–256.

Ahmad, S.; Shlobin, O. A.; Nathan, S. D. (2011): Pulmonary Complications of Lung Transplantation. In: *Chest* 139 (2), S. 402–411.

Al-Attar, P.; Bolling, S. F.; Paone, G.; DeLucia, A.; Theurer, P. F.; Prager, R. L.; Likosky, D. S. (2014): Determinants and Impact of Platelet Transfusions After Cardiac Surgery. In: *Circulation: Cardiovascular Quality and Outcomes*, 7(Suppl 1), A300.

Amato, M. B.; Barbas, C. S.; Medeiros, D. M.; Magaldi, R. B.; Schettino, G. P.; Lorenzi-Filho, G. et al. (1998): Effect of a protective-ventilation strategy on mortality in the acute respiratory distress syndrome. In: *The New England Journal of Medicine* 338 (6), S. 347–354.

Auger, W. R.; Kerr, K. M.; Kim, N. H. S.; Ben-Yehuda, O.; Knowlton, K. U.; Fedullo, P. F. (2004): Chronic thromboembolic pulmonary hypertension. In: *Cardiology Clinics* 22 (3), S. 453–66.

Auger, W. R.; Kerr, K. M.; Kim, N. H.; Fedullo, P. F. (2012): Evaluation of patients with chronic thromboembolic pulmonary hypertension for pulmonary endarterectomy. In: *Pulmonary Circulation* 2 (2), S. 155–162.

Avery, G. J. 2nd; Ley, S. J.; Hill, J. D.; Hershon, J. J.; Dick, S. E. (2001): Cardiac Surgery in the Octogenarian: Evaluation of Risk, Cost, and Outcome. In: *The Annals of Thoracic Surgery* 71 (2), S. 591–596.

Baehner, T.; Boehm, O.; Probst, C.; Poetzsch, B.; Hoeft, A.; Baumgarten, G.; Knuefermann, P. (2012): Kardiopulmonaler Bypass in der Herzchirurgie. In: *Der Anaesthetist* 61 (10), S. 846–856.

Barst, R. J.; McGoon, M.; Torbicki, A.; Sitbon, O.; Krowka, M. J.; Olschewski, H.; Gaine, S. (2004): Diagnosis and differential assessment of pulmonary arterial hypertension. In: *Journal of the American College of Cardiology* 43 (12; Suppl S), S. 40S–47S.

Bates, D. M.; Fernandes, T. M.; Duwe, B. V.; King, B. O.; Banks, D. A.; Test, V. J. et al. (2015): Efficacy of a Low-Tidal Volume Ventilation Strategy to Prevent Reperfusion Lung Injury after Pulmonary Thromboendarterectomy. In: *Annals of the American Thoracic Society* 12 (10), S. 1520–1527.

Berman, M.; Tsui, S.; Vuylsteke, A.; Snell, A.; Colah, S.; Latimer, R. et al. (2008): Successful Extracorporeal Membrane Oxygenation Support After Pulmonary Thromboendarterectomy. In: *The Annals of Thoracic Surgery* 86 (4), S. 1261–1267.

Berman, M.; Cardone, D.; Sharples, L.; Vuylsteke, A.; Klein, A.; Gerrard, C. et al. (2010): Safety and Efficacy of Aprotinin and Tranexamic Acid in Pulmonary Endarterectomy Surgery With Hypothermia: Review of 200 Patients. In: *The Annals of Thoracic Surgery* 90 (5), S. 1432–1436.

Berman, M.; Hardman, G.; Sharples, L.; Pepke-Zaba, J.; Sheares, K.; Tsui, S. (2012): Pulmonary endarterectomy: outcomes in patients aged > 70. In: *European journal of cardio-thoracic surgery: official journal of the European Association for Cardio-thoracic Surgery* 41 (6), S. e154–60.

Bhaskar, B.; Dulhunty, J.; Mullany, D. V.; Fraser, J. F. (2012): Impact of blood product transfusion on short and long-term survival after cardiac surgery: more evidence. In: *The Annals of Thoracic Surgery* 94 (2), S. 460–467.

Bonderman, D.; Turecek, P. L.; Jakowitsch, J.; Weltermann, A.; Adlbrecht, C.; Schneider, B. et al. (2003): High prevalence of elevated clotting factor VIII in chronic thromboembolic pulmonary hypertension. In: *Thrombosis and Haemostasis* 90 (3), S. 372–376.

Bonderman, D.; Skoro-Sajer, N.; Jakowitsch, J.; Adlbrecht, C.; Dunkler, D.; Taghavi, S. et al. (2007): Predictors of Outcome in Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension. In: *Circulation* 115 (16), S. 2153–2158.

Bonderman, D.; Wilkens, H.; Wakounig, S.; Schäfers, H.-J.; Jansa, P.; Lindner, J. et al. (2009): Risk factors for chronic thromboembolic pulmonary hypertension. In: *The European Respiratory Journal* 33 (2), S. 325–331.

Bresser, P.; Pepke-Zaba, J.; Jaïs, X.; Humbert, M.; Hoeper, M. M. (2006): Medical Therapies for Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension: An Evolving Treatment Paradigm. In: *Proceedings of the American Thoracic Society* 3 (7), S. 594–600.

Breuer, M.; Sandhaus, T.; Rummler, S.; Steincke, T.; Barz, D.; Doenst, T. (2013): Management of cardiac surgery patients with Heparin-Induced Thrombocytopenia (HIT-II). Experience with preoperative plasmaphereses plus intraoperative heparin. In: *European Heart Journal* 34 (Suppl 1, P4888), S. 893.

Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (15.11.2013): Rote-Hand-Brief zu HES-haltigen Infusionslösungen: Neue Kontraindikationen und Anwendungsbeschränkungen. Online unter <https://www.bfarm.de/SharedDocs/Risikoinformationen/Pharmakovigilanz/DE/RHB/2013/rhb-hes.html> (aufgerufen am 8.03.2017).

Burns, K. E. A.; Duffett, M.; Kho, M. E.; Meade, M. O.; Adhikari, N. K. J.; Sinuff, T.; Cook, D. J. (2008): A guide for the design and conduct of self-administered surveys of clinicians. In: *Canadian Medical Association Journal* 179 (3), S. 245–252.

Cabrol, S.; Souza, R.; Jaïs, X.; Fadel, E.; Ali, R. H. S.; Humbert, M. et al. (2007): Intravenous Epoprostenol in Inoperable Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension. In: *The Journal of Heart and Lung Transplantation* 26 (4), S. 357–362.

Carson, J. L.; Duff, A.; Poses, R. M.; Berlin, J. A.; Spence, R. K.; Trout, R. et al. (1996): Effect of anaemia and cardiovascular disease on surgical mortality and morbidity. In: *The Lancet* 348 (9034), S. 1055–1060.

Carson, J. L.; Carless, P. A.; Hébert, P. C. (2013): Outcomes Using Lower vs Higher Hemoglobin Thresholds for Red Blood Cell Transfusion. In: *Journal of the American Medical Association* 309 (1), S. 83–84.

Chaney, M. A.; Nikolov, M. P.; Blakeman, B. P.; Bakhos, M. (2000): Protective Ventilation Attenuates Postoperative Pulmonary Dysfunction in Patients Undergoing Cardiopulmonary Bypass. In: *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia* 14 (5), S. 514–518.

Condliffe, R.; Kiely, D. G.; Gibbs, J. S. R.; Corris, P. A.; Peacock, A. J.; Jenkins, D. P. et al. (2008): Improved Outcomes in Medically and Surgically Treated Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension. In: *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 177 (10), S. 1122–1127.

Condliffe, R.; Kiely, D. G.; Gibbs, J. S. R.; Corris, P. A.; Peacock, A. J.; Jenkins, D. P. et al. (2009): Prognostic and aetiological factors in chronic thromboembolic pulmonary hypertension. In: *The European Respiratory Journal* 33 (2), S. 332–338.

D'Armini, A. M.; Zanotti, G.; Viganò, M. (2005): Pulmonary endarterectomy: the treatment of choice for chronic thromboembolic pulmonary hypertension. In: *Italian Heart Journal* 6 (10), S. 861–868.



Dartevelle, P.; Fadel, E.; Mussot, S.; Chapelier, A.; Hervé, P.; de Perrot, M. et al. (2004): Chronic thromboembolic pulmonary hypertension. In: *The European Respiratory Journal* 23 (4), S. 637–648.

David, M.; Bodenstein, M.; Markstaller, K. (2010): Protektive Beatmungstherapie. Auch für den OP relevant? In: *Der Anaesthetist* 59 (7), S. 595–606.

de Perrot, M.; McRae, K.; Shargall, Y.; Pletsch, L.; Tan, K.; Slinger, P. et al. (2011): Pulmonary Endarterectomy for Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension: The Toronto Experience. In: *The Canadian Journal of Cardiology* 27 (6), S. 692–697.

DeFoe, G. R.; Ross, C. S.; Olmstead, E. M.; Surgenor, S. D.; Fillinger, M. P.; Groom, R. C. et al. (2001): Lowest hematocrit on bypass and adverse outcomes associated with coronary artery bypass grafting. In: *The Annals of Thoracic Surgery* 71 (3), S. 769–776.

Delcroix, M.; Lang, I.; Pepke-Zaba, J.; Jansa, P.; D'Armini, A. M.; Snijder, R. et al. (2016): Long-Term Outcome of Patients With Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension: Results From an International Prospective Registry. In: *Circulation* 133 (9), S. 859–871.

Demeyere, R.; Delcroix, M.; Daenen, W. (2005): Anaesthesia management for pulmonary endarterectomy. In: *Current Opinion in Anaesthesiology* 18 (1), S. 63–76.

Dentali, F.; Donadini, M.; Gianni, M.; Bertolini, A.; Squizzato, A.; Venco, A.; Ageno, W. (2009): Incidence of chronic pulmonary hypertension in patients with previous pulmonary embolism. In: *Thrombosis Research* 124 (3), S. 256–258.

Doyle, R. L.; McCrory, D.; Channick, R. N.; Simonneau, G.; Conte, J. (2004): Surgical Treatments/Interventions for Pulmonary Arterial Hypertension: ACCP Evidence-Based Clinical Practice Guidelines. In: *Chest* 126 (1 Suppl), S. 63S–71S.

Drömann, D. (2009): Thrombembolien und pulmonale Hypertonie. In: *Der Internist* 50 (9), S. 1080–1085.

Duggal, N.; Haft, J.; Engoren, M.; Peters, W. (2016): Pulmonary Endarterectomy Under Hypothermic Circulatory Arrest in a Patient With Heparin-Induced Thrombocytopenia. In: *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia* 30 (3), S. 741–745.

Egermayer, P. und Peacock, A. J. (2000): Is pulmonary embolism a common cause of chronic pulmonary hypertension? Limitations of the embolic hypothesis. In: *The European Respiratory Journal* 15 (3), S. 440–448.

Engelmann, L. (2000): Das Open-lung-Konzept. In: *Der Anaesthetist* 49 (12), S. 1046–1053.

Esan, A.; Hess, D. R.; Suhail, R.; Liziamma, G.; Sessler, C. N. (2010): Severe Hypoxemic Respiratory Failure: Part 1 - Ventilatory Strategies. In: *Chest* 137 (5), S. 1203–1216.

Evans, J. R. und Mathur, A. (2005): The value of online surveys. In: *Internet Research* 15 (2), S. 195–219.

Fan, W. und Yan, Z. (2010): Factors affecting response rates of the web survey. A systematic review. In: *Computers in Human Behavior* 26 (2), S. 132–139.

Fedullo, P. F.; Auger, W. R.; Kerr, K. M.; Rubin, L. J. (2001): Current Concepts: Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension. In: *The New England Journal of Medicine* 345 (20), S. 1465–1472.

Feinstein, J. A.; Goldhaber, S. Z.; Lock, J. E.; Ferndandes, S. M.; Landzberg, M. J. (2001): Balloon Pulmonary Angioplasty for Treatment of Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension. In: *Circulation* 103 (1), S. 10–13.

Fernandez, M. A. und Roma, E. (2003): International Normalized Ratio (INR) increase in patients taking oral anticoagulant therapy (OAT) and using sildenafil (Viagra). In: *Haematologica* 88 (12), S. 169-170.

Freed, D. H.; Thomson, B. M.; Berman, M.; Tsui, S. S. L.; Dunning, J.; Sheares, K. K. et al. (2011): Survival after pulmonary thromboendarterectomy: Effect of residual pulmonary hypertension. In: *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 141 (2), S. 383–387.

Gajic, O.; Rana, R.; Mendez, J. L.; Rickman, O. B.; Lymp, J. F.; Hubmayr, R. D.; Moore, S. B. (2004): Acute lung injury after blood transfusion in mechanically ventilated patients. In: *Transfusion* 44 (10), S. 1468–1474.

Galiè, N.; Hoeper, M. M.; Humbert, M.; Torbicki, A.; Vachiery, J.-L.; Barbera, J. A. et al. (2009): Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension. In: *The European Heart Journal* 30, S. 2493-2537.

Ghazi, L.; Schwann, T. A.; Engoren, M. C.; Habib, R. H. (2015): Role of blood transfusion product type and amount in deep vein thrombosis after cardiac surgery. In: *Thrombosis Research* 136, S. 1204-1210

Ghofrani, H. A.; Schermuly, R. T.; Rose, F.; Wiedemann, R.; Kohstall, M. G.; Kreckel, A. et al. (2003): Sildenafil for Long-Term Treatment of Nonoperable Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension. In: *The American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 167 (8), S. 1139–1141.

Ghofrani, H. A.; Hoeper, M. M.; Halank, M.; Meyer, F. J.; Staehler, G.; Behr, J. et al. (2010): Riociguat for chronic thromboembolic pulmonary hypertension and pulmonary arterial hypertension: a phase II study. In: *The European Respiratory Journal* 36 (4), S. 792–799.

Ghofrani, H. A.; D'Armini, A. M.; Grimminger, F.; Hoeper, M. M.; Jansa, P.; Kim, N. H. et al. (2013): Riociguat for the Treatment of Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension. In: *The New England Journal of Medicine* 369 (4), S. 319–329.

Grignola, J. C. und Domingo, E. (2013): Pulmonary endarterectomy in chronic thromboembolic pulmonary hypertension: How can patients be better selected? In: *World journal of cardiology* 5 (3), S. 18–21.

Gu, S.; Liu, Y.; Su, P. X.; Zhai, Z. G.; Yang, Y. H.; Wang, C. (2010): Pulmonary endarterectomy for chronic thromboembolic pulmonary hypertension: preliminary exploration in China. In: *Chinese Medical Journal* 123 (8), S. 979–983.

Guth, S.; Kramm, T.; Wiedenroth, C.; Mayer, E. (2014): Pulmonale Endarteriektomie bei chronisch-thromboembolischer pulmonaler Hypertonie. In: *Zeitschrift für Herz-, Thorax- und Gefäßchirurgie* 28 (3), S. 178–184.

Hagan, G.; Gopalan, D.; Kacprzak, A.; Treacy, C. M.; Jenkins, D. P.; Pepke-Zaba, J.; Sheares, K. (2011): Inferior Vena Cava Filters For Pulmonary Endarterectomy (PEA) - A Single Center Experience. In: *American Journal of Respiratory Critical Care Medicine* 183, S. A2425 (Posterbeitrag auf der Konferenz "CTEPH: bench to bedside" der American Thoracic Society, 13.-18. Mai 2011 in Denver/ Colorado, USA).

Hagl, C.; Khaladj, N.; Peters, T.; Hoeper, M. M.; Logemann, F.; Haverich, A.; Macchiarini, P. (2003): Technical advances of pulmonary thromboendarterectomy for chronic thromboembolic pulmonary hypertension. In: *European Journal of Cardiothoracic Surgery* 23 (5), S. 776-781.

Hayslett, M. M. und Wildemuth, B. M. (2004): Pixels or pencils? The relative effectiveness of Web-based versus paper surveys. In: *Library & Information Science Research* 26 (1), S. 73–93.

- Hoeper, M. M.; Kramm, T.; Wilkens, H.; Schulze, C.; Schäfers, H. J.; Welte, T.; Mayer, E. (2005): Bosentan Therapy for Inoperable Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension. In: *Chest* 128 (4), S. 2363–2367.
- Hoeper, M. M.; Mayer, E.; Simonneau, G.; Rubin, L. J. (2006): Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension. In: *Circulation* 113 (16), S. 2011–2020.
- Hoeper, M. M.; Bogaard, H. J.; Condliffe, R.; Frantz, R.; Khanna, D.; Kurzyna, M. et al. (2013): Definitions and Diagnosis of Pulmonary Hypertension. In: *Journal of the American College of Cardiology* 62 (25; Suppl D), S. D42–50.
- Hoeper, M. M. (2014): Chronic thromboembolic pulmonary hypertension at the crossroad. In: *The European Respiratory Journal* 43 (5), S. 1230–1232.
- Hoeper, M. M. (2016): Residual Pulmonary Hypertension After Pulmonary Endarterectomy: The Fog Is Clearing. In: *Circulation* 133 (18), S. 1731–1733.
- Humbert, M. (2010): Pulmonary arterial hypertension and chronic thromboembolic pulmonary hypertension: pathophysiology. In: *European Respiratory Review* 19 (115), S. 59–63.
- Hung, M.; Besser, M.; Sharples, L. D.; Nair, S. K.; Klein, A. A. (2011): The prevalence and association with transfusion, intensive care unit stay and mortality of pre-operative anaemia in a cohort of cardiac surgery patients. In: *Anaesthesia* 66 (9), S. 812–818.
- Jackob, N.; Schoen, H.; Zerback, T. (Hrsg.) (2009): Sozialforschung im Internet. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Jaff, M. R.; McMurtry, M. S.; Archer, S. L.; Cushman, M.; Goldenberg, N.; Goldhaber, S. Z. et al. (2011): Management of Massive and Submassive Pulmonary Embolism, Iliofemoral Deep Vein Thrombosis, and Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension: A Scientific Statement From the American Heart Association. In: *Circulation* 123 (16), S. 1788–1830.
- Jaïs, X.; D'Armini, A. M.; Jansa, P.; Torbicki, A.; Delcroix, M.; Ghofrani, H. A. et al. (2008): Bosentan for Treatment of Inoperable Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension: BENEFiT (Bosentan Effects in iNoperable Forms of chronic Thromboembolic pulmonary hypertension), a Randomized, Placebo-Controlled Trial. In: *Journal of the American College of Cardiology* 52 (25), S. 2127–2134.
- Jamieson, S. W. und Kapelanski, D. P. (2000): Pulmonary Endarterectomy. In: *Current Problems in Surgery* 37 (3), S. 165–252.
- Jamieson, S. W.; Kapelanski, D. P.; Sakakibara, N.; Manecke, G. R.; Thistlethwaite, P. A.; Kerr, K. M. et al. (2003): Pulmonary Endarterectomy: Experience and Lessons Learned in 1,500 Cases. In: *The Annals of Thoracic Surgery* 76 (5), S. 1457–1464.
- Jamieson, S. W. (2011): Bypass, circulatory arrest, and pulmonary endarterectomy. In: *The Lancet* 378 (9800), S. 1359–1360.
- Jamieson, S. W. (2016): Re: Outcome after surgical treatment of chronic thromboembolic pulmonary hypertension: dealing with different patient subsets. A single-centre experience. In: *European Journal of Cardiothoracic Surgery* 50 (5), S. 907–908.
- Jenkins, D.; Mayer, E.; Screaton, N.; Madani, M. M. (2012): State-of-the-art chronic thromboembolic pulmonary hypertension diagnosis and management. In: *European Respiratory Review* 21 (123), S. 32–39.
- Keogh, A. M.; Mayer, E.; Benza, R. L.; Corris, P.; Darteville, P. G.; Frost, A. E. et al. (2009): Interventional and Surgical Modalities of Treatment in Pulmonary Hypertension. In: *Journal of the American College of Cardiology* 54 (1; Suppl S), S. S67–S77.

- Kerr, K. M.; Auger, W. R.; Marsh, J. J.; Comito, R. M.; Fedullo, R. L.; Smits, G. J. et al. (2000): The Use of Cylexin (CY-1503) in Prevention of Reperfusion Lung Injury in Patients Undergoing Pulmonary Thromboendarterectomy. In: *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 162 (1), S. 14–20.
- Kerr, K. M.; Auger, W. R.; Marsh, J. J.; Devendra, G.; Spragg, R. G.; Kim, N. H. et al. (2012): Efficacy of Methylprednisolone in Preventing Lung Injury Following Pulmonary Thromboendarterectomy. In: *Chest* 141 (1), S. 27–35.
- Kim, N. H. (2006): Assessment of Operability in Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension. In: *Proceedings of the American Thoracic Society* 3 (7), S. 584–588.
- Kim, N. H. (2012): The key or just a cog in the wheel to operability assessment? In: *The European Respiratory Journal* 40 (3), S. 533–534.
- Kim, N. H.; Delcroix, M.; Jenkins, D. P.; Channick, R.; Darteville, P.; Jansa, P. et al. (2013): Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension. In: *Journal of the American College of Cardiology* 62 (25; Suppl D), S. D92–D99.
- Kim, N. H. (2016): Group 4 Pulmonary Hypertension: Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension: Epidemiology, Pathophysiology, and Treatment. In: *Cardiology Clinics* 34(3), S. 435–441.
- Koch, C. G.; Li, L.; Duncan, A. I.; Mihaljevic, T.; Cosgrove, D. M.; Loop, F. D. et al. (2006): Morbidity and mortality risk associated with red blood cell and blood-component transfusion in isolated coronary artery bypass grafting. In: *Critical Care Medicine* 34 (6), S. 1608–1616.
- Korkmaz, A.; Ozlu, T.; Ozsu, S.; Kazaz, Z.; Bulbul, Y. (2012): Long-Term Outcomes in Acute Pulmonary Thromboembolism: The Incidence of Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension and Associated Risk Factors. In: *Clinical and Applied Thrombosis/Hemostasis* 18 (3), S. 281–288.
- Kotloff, R. M. und Thabut, G. (2011): Lung Transplantation. In: *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 184 (2), S. 159–171.
- Kramm, T.; Eberle, B.; Krummenauer, F.; Guth, S.; Oelert, H.; Mayer, E. (2003): Inhaled Iloprost in Patients With Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension: Effects Before and After Pulmonary Thromboendarterectomy. In: *The Annals of Thoracic Surgery* 76 (3), S. 711–718.
- Kramm, T.; Eberle, B.; Guth, S.; Mayer, E. (2005): Inhaled iloprost to control residual pulmonary hypertension following pulmonary endarterectomy. In: *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* 28 (6), S. 882–888.
- Krane, M.; Voss, B.; Hiebinger, A.; Deutsch, M. A.; Wottke, M.; Hapfelmeier, A. et al. (2011): Twenty Years of Cardiac Surgery in Patients Aged 80 Years and Older: Risks and Benefits. In: *The Annals of Thoracic Surgery* 91 (2), S. 506–513.
- Kuckartz, U. (2009): Evaluation online. Internetgestützte Befragung in der Praxis. 1. Aufl. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / GWV Fachverlage, Wiesbaden.
- Kunieda, T.; Nakanishi, N.; Satoh, T.; Kyotani, S.; Okano, Y.; Nagaya, N. (1999): Prognoses of Primary Pulmonary Hypertension and Chronic Majorvessel Thromboembolic Pulmonary Hypertension Determined From Cumulative Survival Curves. In: *Internal Medicine* 38 (7), S. 543–546.
- Lafci, G.; Tasoglu, I.; Ulas, M. M.; Yalcinkaya, A.; Cagli, K. (2012): Pulmonary Endarterectomy: with Use of Moderate Hypothermia and Antegrade Cerebral Perfusion without Circulatory Arrest. In: *Texas Heart Institute Journal* 39 (1), S. 65–67.

- Lang, I. M.; Klepetko, W.; Pabinger, I. (1996): No increased prevalence of the factor V Leiden mutation in chronic major vessel thromboembolic pulmonary hypertension (CTEPH). In: *Thrombosis and Haemostasis* 76 (3), S. 476–477.
- Lang, I. M. (2004): Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension - Not So Rare after All. In: *The New England Journal of Medicine* 350 (22), S. 2236–2238.
- Lang, I. (2010): Advances in understanding the pathogenesis of chronic thromboembolic pulmonary hypertension. In: *British Journal of Haematology* 149 (4), S. 478–483.
- Lang, I. M.; Simonneau, G.; Pepke-Zaba, J. W.; Mayer, E.; Ambrož, D.; Blanco, I. et al. (2013): Factors associated with diagnosis and operability of chronic thromboembolic pulmonary hypertension. A case-control study. In: *Thrombosis and Haemostasis* 110 (1), S. 83–91.
- Leung Wai Sang, S.; Morin, J.-F.; Hirsch, A. (2016): Operative and Functional Outcome After Pulmonary Endarterectomy for Advanced Thromboembolic Pulmonary Hypertension. In: *Journal of Cardiac Surgery* 31 (1), S. 3–8.
- Madani, M. M. und Jamieson, S. W. (2006): Technical Advances of Pulmonary Endarterectomy for Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension. In: *Seminars in Thoracic and Cardiovascular Surgery* 18 (3), S. 243–249.
- Madani, M. M.; Auger, W. R.; Pretorius, V.; Sakakibara, N.; Kerr, K. M.; Kim, N. H. et al. (2012): Pulmonary Endarterectomy: Recent Changes in a Single Institution's Experience of More Than 2,700 Patients. In: *The Annals of Thoracic Surgery* 94 (1), S. 97–103.
- Madani, M. M.; Jamieson, S. W.; Pretorius, V.; Kerr, K.; Fedullo, P.; Poch, D. (2014): Sub-segmental pulmonary endarterectomy: Time for a new surgical classification. CTEPH Association. [https://www.cteph-association.org/wp-content/uploads/2014/05/Abstract-61-Madani-2014\\_03\\_16-Affiliations.pdf](https://www.cteph-association.org/wp-content/uploads/2014/05/Abstract-61-Madani-2014_03_16-Affiliations.pdf) (abgerufen am 14.03.2017)
- Maliyasena, V. A.; Hopkins, P. M. A.; Thomson, B. M.; Dunning, J.; Wall, D. A.; Ng, B. J. et al. (2012): An Australian tertiary referral center experience of the management of chronic thromboembolic pulmonary hypertension. In: *Pulmonary Circulation* 2 (3), S. 359–364.
- Manecke, G. R.; Kotzur, A.; Atkins, G.; Fedullo, P. F.; Auger, W. R.; Kapelanski, D. P.; Jamieson, S. W. (2004): Massive Pulmonary Hemorrhage After Pulmonary Thromboendarterectomy. In: *Anesthesia and Analgesia* 99 (3), S. 672–675.
- Manecke, G. R.; Wilson, W. C.; Auger, W. R.; Jamieson, S. W. (2005): Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension and Pulmonary Thromboendarterectomy. In: *Seminars in Cardiothoracic and Vascular Anesthesia* 9 (3), S. 189–204.
- Manecke, G. R. (2006): Anesthesia for Pulmonary Endarterectomy. In: *Seminars in Thoracic and Cardiovascular Surgery* 18 (3), S. 236–242.
- Mares, P.; Gilbert, T. B.; Tschernko, E. M.; Hiesmayr, M.; Muhm, M.; Herneth, A. et al. (2000): Pulmonary Artery Thromboendarterectomy: A Comparison of Two Different Postoperative Treatment Strategies. In: *Anesthesia and Analgesia* 90 (2), S. 267–273.
- Mariscalco, G. und Musumeci, F. (2014): Fluid management in the cardiothoracic intensive care unit: diuresis--diuretics and hemofiltration. In: *Current Opinion in Anaesthesiology* 27 (2), S. 133–139.
- Martin, K.; Knorr, J.; Breuer, T.; Gertler, R.; Macguill, M.; Lange, R. et al. (2011): Seizures After Open Heart Surgery: Comparison of epsilon-Aminocaproic Acid and Tranexamic Acid. In: *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia* 25 (1), S. 20–25.

- Mayer, E. und Klepetko, W. (2006): Techniques and Outcomes of Pulmonary Endarterectomy for Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension. In: *Proceedings of the American Thoracic Society* 3 (7), S. 589–593.
- Mayer, E. (2010): Surgical and post-operative treatment of chronic thromboembolic pulmonary hypertension. In: *European Respiratory Review* 19 (115), S. 64–67.
- Mayer, E.; Jenkins, D.; Lindner, J.; D'Armini, A.; Kloek, J.; Meyns, B. et al. (2011): Surgical management and outcome of patients with chronic thromboembolic pulmonary hypertension: Results from an international prospective registry. In: *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 141 (3), S. 702–710.
- McIntyre, L.; Timmouth, A. T.; Fergusson, D. A. (2013): Blood component transfusion in critically ill patients. In: *Current Opinion in Critical Care* 19 (4), S. 326–333.
- McLeod, C. C.; Klabunde, C. N.; Willis, G. B.; Stark, D. (2013): Health Care Provider Surveys in the United States, 2000-2010: A Review. In: *Evaluation & the Health Professions* 36 (1), S. 106–126.
- McMurray, J. J. V.; Adamopoulos, S.; Anker, S. D.; Auricchio, A.; Böhm, M.; Dickstein, K. et al. (2012): ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure 2012: The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Acute and Chronic Heart Failure 2012 of the European Society of Cardiology. Developed in collaboration with the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. In: *European Heart Journal* 33 (14), S. 1787–1847.
- McNeil, K. und Dunning, J. (2007): Chronic thromboembolic pulmonary hypertension (CTEPH). In: *Heart* 93 (9), S. 1152–1158.
- McRae, K.; Shargall, Y.; Ma, M.; Thenganatt, J.; Slinger, P.; Granton, J. T.; de Perrot, M. (2011): Feasibility of blood conservation strategies in pulmonary endarterectomy for chronic thromboembolic pulmonary hypertension. In: *Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery* 13 (1), S. 35–39.
- Meade, M. O.; Cook, D. J.; Guyatt, G. H.; Slutsky, A. S.; Arabi, Y. M.; Cooper, D. J. et al. (2008): Ventilation Strategy Using Low Tidal Volumes, Recruitment Maneuvers, and High Positive End-Expiratory Pressure for Acute Lung Injury and Acute Respiratory Distress Syndrome: A Randomized Controlled Trial. In: *Journal of the American Medical Association* 299 (6), S. 637–645.
- Melchisedec, S.; Garg, H. S.; Bedi, V.; Verghese, A.; Varghese, G. (2013): Difficult weaning after pulmonary endarterectomy for chronic pulmonary embolism: a case report. In: *Journal of Evolution of Medical and Dental Sciences* 2 (16), S. 2571–2575.
- Mellemkjaer, S.; Ilkjaer, L. B.; Klaborg, K. E.; Christiansen, C. L.; Severinsen, I. K.; Nielsen-Kudsk, J. E. et al. (2006): Pulmonary endarterectomy for chronic thromboembolic pulmonary hypertension. Ten years experience in Denmark. In: *Scandinavian Cardiovascular Journal* 40 (1), S. 49–53.
- Menzel, T.; Kramm, T.; Wagner, S.; Mohr-Kahaly, S.; Mayer, E.; Meyer, J. (2002): Improvement of Tricuspid Regurgitation After Pulmonary Thromboendarterectomy. In: *The Annals of Thoracic Surgery* 73 (3), S. 756–761.
- Mikus, P. M.; Mikus, E.; Martin-Suarez, S.; Galiè, N.; Manes, A.; Pastore, S.; Arpesella, G. (2008): Pulmonary endarterectomy: An alternative to circulatory arrest and deep hypothermia: mid-term results. In: *European Journal of Cardio-thoracic Surgery* 34 (1), S. 159–163.
- Miller, O. I.; Tang, S. F.; Keech, A.; Celermajer, D. S. (1995): Rebound pulmonary hypertension on withdrawal from inhaled nitric oxide. In: *The Lancet* 346 (8966), S. 51–52.

Mizoguchi, H.; Ogawa, A.; Munemasa, M.; Mikouchi, H.; Ito, H.; Matsubara, H. (2012): Refined Balloon Pulmonary Angioplasty for Inoperable Patients With Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension. In: *Circulation: Cardiovascular Interventions* 5 (6), S. 748–755.

Möhnle, P.; Snyder-Ramos, S. A.; Miao, Y.; Kulier, A.; Böttiger, B. W.; Levin, J.; Mangano, D. T. (2011): Postoperative red blood cell transfusion and morbid outcome in uncomplicated cardiac surgery patients. In: *Intensive Care Medicine* 37 (1), S. 97–109.

Morris, T. A. (2013): Why acute pulmonary embolism becomes chronic thromboembolic pulmonary hypertension: clinical and genetic insights. In: *Current Opinion in Pulmonary Medicine* 19 (5), S. 422–429.

Morsolini, M.; Nicolardi, S.; Milanese, E.; Sarchi, E.; Mattiucci, G.; Klersy, C.; D'Armini, A. M. (2012): Evolving surgical techniques for pulmonary endarterectomy according to the changing features of chronic thromboembolic pulmonary hypertension patients during 17-year single-center experience. In: *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 144 (1), S. 100–107.

Moser, K. M. und Bloor, C. M. (1993): Pulmonary Vascular Lesions Occurring in Patients With Chronic Major Vessel Thromboembolic Pulmonary Hypertension. In: *Chest* 103 (3), S. 685–692.

Murphey, L. M. und Hood, E. H. (2003): Bosentan and warfarin interaction. In: *The Annals of Pharmacotherapy* 37 (7-8), S. 1028–1031.

Murphy, G. S. und Marymont, J. H. (2007): Alternative Anticoagulation Management Strategies for the Patient With Heparin-Induced Thrombocytopenia Undergoing Cardiac Surgery. In: *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia* 21 (1), S. 113–126.

Narayana Iyengar, R. M.; Hedge, D.; Chattuparambil, B.; Gupta, R.; Patil, L. (2010): Postoperative management of pulmonary endarterectomy and outcome. In: *Annals of Cardiac Anaesthesia* 13 (1), S. 22–27.

Nashef, S. A. M.; Roques, F.; Sharples, L. D.; Nilsson, J.; Smith, C.; Goldstone, A. R.; Lockowandt, U. (2012): EuroSCORE II. In: *European Journal of Cardiothoracic Surgery* 41 (4), S. 734–744.

Nazlı, Y.; Çolak, N.; Çolak, S.; Çakir, Ö. (2014): Heparin induced thrombocytopenia. In: *Journal of Clinical and Experimental Investigations* 5 (1), S. 137–144.

Ogino, H.; Ando, M.; Matsuda, H.; Minatoya, K.; Sasaki, H.; Nakanishi, N. et al. (2006): Japanese Single-Center Experience of Surgery for Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension. In: *The Annals of Thoracic Surgery* 82 (2), S. 630–636.

Ogino, H. (2014): Recent Advances of Pulmonary Endarterectomy for Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension Including Japanese Experiences. In: *General Thoracic and Cardiovascular Surgery* 62 (1), S. 9–18.

Olman, M. A.; Auger, W. R.; Fedullo, P. F.; Moser, K. M. (1990): Pulmonary vascular steal in chronic thromboembolic pulmonary hypertension. In: *Chest* 98 (6), S. 1430–1434.

Olschewski, H.; Simonneau, G.; Galiè, N.; Higenbottam, T.; Naeije, R.; Rubin, L. J. et al. (2002): Inhaled iloprost for severe pulmonary hypertension. In: *The New England Journal of Medicine* 347 (5), S. 322–329.

Olschewski, H.; Hoeper, M. M.; Borst, M. M.; Ewert, R.; Grünig, E.; Kleber, F. - X. et al. (2006): Diagnostik und Therapie der chronischen pulmonalen Hypertonie. In: *Pneumologie* 60 (12), S. 749–771.

- Opitz, C.; Rosenkranz, S.; Ghofrani, H. A.; Grünig, E.; Klose, H.; Olschewski, H.; Hoeper, M. (2016): ESC-Leitlinie 2015: Diagnostik und Therapie der pulmonalen Hypertonie. In: *Deutsche medizinische Wochenschrift* 141 (24), S. 1764–1769.
- Ortmann, E.; Besser, M. W.; Sharples, L. D.; Gerrard, C.; Berman, M.; Jenkins, D. P.; Klein, A. A. (2015): An Exploratory Cohort Study Comparing Prothrombin Complex Concentrate and Fresh Frozen Plasma for the Treatment of Coagulopathy After Complex Cardiac Surgery. In: *Anesthesia and Analgesia* 121 (1), S. 26–33.
- Ozsu, S. und Cinarka, H. (2013): Chronic thromboembolic pulmonary hypertension: Medical treatment. In: *Pulmonary Circulation* 3 (2), S. 341–344.
- Peacock, A.; Simonneau, G.; Rubin, L. (2006): Controversies, Uncertainties and Future Research on the Treatment of Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension. In: *Proceedings of the American Thoracic Society* 3 (7), S. 608–614.
- Pengo, V.; Lensing, A. W. A.; Prins, M. H.; Marchiori, A.; Davidson, B. L.; Tiozzo, F. et al. (2004): Incidence of Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension After Pulmonary Embolism. In: *The New England Journal of Medicine* 350 (22), S. 2257–2264.
- Pepke-Zaba, J.; Delcroix, M.; Lang, I.; Mayer, E.; Jansa, P. I.; Ambroz, D. et al. (2011): Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension (CTEPH): Results From an International Prospective Registry. In: *Circulation* 124 (18), S. 1973–1981.
- Poch, D. S.; Auger, W. G.; Fedullo, P. F.; Kim, N. H.; Kerr, K. M.; Fernandes, T. M. (2014): Baseline right atrial pressure and mean pulmonary artery pressure determine risk for reperfusion pulmonary edema after pulmonary endarterectomy. ICC-Konferenz Paris, 2.-3. Juni, [https://www.cteph-association.org/wp-content/uploads/2014/05/Abstract-58-Poch-2014\\_03\\_16.pdf](https://www.cteph-association.org/wp-content/uploads/2014/05/Abstract-58-Poch-2014_03_16.pdf) (aufgerufen am 15.04.2017).
- Poli, D.; Grifoni, E.; Antonucci, E.; Arcangeli, C.; Prisco, D.; Abbate, R.; Miniati, M. (2010): Incidence of recurrent venous thromboembolism and of chronic thromboembolic pulmonary hypertension in patients after a first episode of pulmonary embolism. In: *Journal of Thrombosis and Thrombolysis* 30 (3), S. 294–299.
- Puis, L.; Vandezande, E.; Vercaemst, L.; Janssens, P.; Taverniers, Y.; Foulon, M. et al. (2005): Pulmonary thromboendarterectomy for chronic thromboembolic pulmonary hypertension. In: *Perfusion* 20 (2), S. 101–108.
- Ryan, J. J.; Rich, S.; Archer, S. L. (2011): Pulmonary Endarterectomy Surgery- A Technically Demanding Cure for WHO Group IV Pulmonary Hypertension: Requirements for Centers of Excellence and Availability in Canada. In: *Canadian Journal of Cardiology* 27 (6), S. 671–674.
- Reichenberger, F.; Voswinckel, R.; Enke, B.; Rutsch, M.; El Fechtali, E.; Schmehl, T. et al. (2007): Long-term treatment with sildenafil in chronic thromboembolic pulmonary hypertension. In: *The European Respiratory Journal* 30 (5), S. 922–927.
- Reips, U. - D. (2002): Standards for Internet-Based Experimenting. In: *Experimental Psychology* 49 (4), S. 243–256.
- Richmond, M. E.; Charette, K.; Chen, J. M.; Quaegebeur, J. M.; Bacha, E. (2013): The effect of cardiopulmonary bypass prime volume on the need for blood transfusion after pediatric cardiac surgery. In: *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 145 (4), S. 1058–1064.
- Roekaerts, P. M. H. J. und Heijmans, J. H. (2012): Early Postoperative Care After Cardiac Surgery. In: *Early Postoperative Care After Cardiac Surgery*. INTECH Open Access Publisher, S. 125–146.



- Roques, F.; Nashef, S. A.; Michel, P.; Gauducheau, E.; Vincentiis, C. de; Baudet, E. et al. (1999): Risk factors and outcome in European cardiac surgery: analysis of the EuroSCORE multinational database of 19030 patients. In: *European Journal of Cardiothoracic Surgery* 15 (6), S. 816–822.
- Roscoe, A. und Klein, A. (2008): Pulmonary endarterectomy. In: *Current Opinion in Anaesthesiology* 21 (1), S. 16–20.
- Sachs, U. J. (2011): Recent insights into the mechanism of transfusion-related acute lung injury. In: *Current Opinion in Hematology* 18 (6), S. 436–442.
- Sadeghi, H. A.; Omrani, G. R.; Peyghambari, M. M. et al. (2010): Pulmonary Thromboendarterectomy in Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension: A Report of 15 Cases. In: *Iranian Heart Journal* 11 (2), S. 44–48.
- Saouti, N.; de Man, F.; Westerhof, N.; Boonstra, A.; Twisk, J.; Postmus, P. E.; Vonk Noordegraaf, A. (2009): Predictors of mortality in inoperable chronic thromboembolic pulmonary hypertension. In: *Respiratory Medicine* 103 (7), S. 1013–1019.
- Serruys, P. W.; Morice, M. - C.; Kappetein, A. P.; Colombo, A.; Holmes, D. R.; Mack, M. J. et al. (2009): Percutaneous coronary intervention versus coronary-artery bypass grafting for severe coronary artery disease. In: *The New England Journal of Medicine* 360 (10), S. 961–972.
- Shenoy, V.; Anton, J. M.; Collard, C. D.; Youngblood, S. C. (2014): Pulmonary Thromboendarterectomy for Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension. In: *Anesthesiology* 120 (5), S. 1255–1261.
- Shih, T. - H. und Fan, X. (2008): Comparing Response Rates from Web and Mail Surveys. A Meta-Analysis. In: *Field Methods* 20 (3), S. 249–271.
- Shore-Lesserson, L. (2001): Monitoring the Hematologic Complications of Cardiopulmonary Bypass. In: *Seminars in Cardiothoracic and Vascular Anesthesia* 5 (3), S. 207–216.
- Simonneau, G.; Robbins, I.M.; Beghetti, M. et al. (2009): Updated Clinical Classification of Pulmonary Hypertension. In: *Journal of the American College of Cardiology* 54 (1; Suppl), S. S43–S54.
- Simonneau, G.; D'Armini, A. M.; Ghofrani, H. A.; Grimminger, F.; Hoeper, M. M.; Jansa, P.; Wilkins, M. et al. (2014): Riociguat for the treatment of chronic thromboembolic pulmonary hypertension (CTEPH): 2-year results from the CHEST-2 long-term extension. In: *European Respiratory Journal* 44 (Suppl 58), S. 1802.
- Skoro-Sajer, N.; Bonderman, D.; Wiesbauer, F.; Harja, E.; Jakowitsch, J.; Klepetko, W. et al. (2007): Treprostinil for severe inoperable chronic thromboembolic pulmonary hypertension. In: *Journal of Thrombosis and Haemostasis* 5 (3), S. 483–489.
- Spahn, D. R.; Spahn, G. H.; Stein, P. (2015): Evidence Base for Restrictive Transfusion Triggers in High-Risk Patients. In: *Transfusion Medicine and Hemotherapy* 42 (2), S. 110–114.
- Staikou, C.; Paraskeva, A.; Drakos, E.; Anastassopoulou, I.; Papaioannou, E.; Donta, I.; Kontos, M. (2011): Impact of graded hypothermia on coagulation and fibrinolysis. In: *The Journal of Surgical Research* 167 (1), S. 125–130.
- Stephens, R. S.; Shah, A. S.; Whitman, G. J. R. (2013): Lung Injury and Acute Respiratory Distress Syndrome After Cardiac Surgery. In: *The Annals of Thoracic Surgery* 95 (3), S. 1122–1129.
- Sugimura, K.; Fukumoto, Y.; Satoh, K.; Nochioka, K.; Miura, Y.; Aoki, T. et al. (2012): Percutaneous Transluminal Pulmonary Angioplasty Markedly Improves Pulmonary

Hemodynamics and Long-Term Prognosis in Patients With Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension. In: *Circulation Journal* 76 (2), S. 485–488.

Summers, C.; Swietlik, E. M.; Pepke-Zaba, J.; Jones, N.; Newnham, M.; Jacob, J.; Proudfoot, A.; Ng, C.; Tsuj, S.; Dunning, J.; Jenkins, D.; Vuylsteke A.; Toshner M. (2016): Incidence Of Post-Operative ARDS In A Contemporary Pulmonary Endarterectomy Cohort, Undertaken In A High Volume Tertiary Centre. In: *American Journal of Respiratory Critical Care Medicine* 193, S. A5705 (Posterbeitrag auf der Konferenz "C65. One Step up from PE to CTEPH" der American Thoracic Society, 13.-18. Mai 2017 in San Francisco, USA).

Suntharalingam, J.; Treacy, C. M.; Doughty, N. J.; Goldsmith, K.; Soon, E.; Toshner, M. R. et al. (2008): Long-term Use of Sildenafil in Inoperable Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension. In: *Chest* 134 (2), S. 229–236.

Takeuchi, M.; Imanaka, H.; Tachibana, K.; Ogino, H.; Ando, M.; Nishimura, M. (2005): Recruitment maneuver and high positive end-expiratory pressure improve hypoxemia in patients after pulmonary thromboendarterectomy for chronic pulmonary thromboembolism. In: *Critical Care Medicine* 33 (9), S. 2010–2014.

The Acute Respiratory Distress Syndrome Network (2000): Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. The Acute Respiratory Distress Syndrome Network. In: *The New England Journal of Medicine* 342 (18), S. 1301–1308.

Thistlethwaite, P. A.; Mo, M.; Madani, M. M.; Deutsch, R.; Blanchard, D.; Kapelanski, D. P.; Jamieson, S. W. (2002): Operative classification of thromboembolic disease determines outcome after pulmonary endarterectomy. In: *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 124 (6), S. 1203–1211.

Thistlethwaite, P. A.; Madani, M. M.; Jamieson, S. W. (2006a): Outcomes of Pulmonary Endarterectomy Surgery. In: *Seminars in Thoracic and Cardiovascular Surgery* 18 (3), S. 257–264.

Thistlethwaite, P. A.; Madani, M. M.; Kemp, A. D.; Hartley, M.; Auger, W. R.; Jamieson, S. W. (2006b): Venovenous Extracorporeal Life Support After Pulmonary Endarterectomy: Indications, Techniques, and Outcomes. In: *The Annals of Thoracic Surgery* 82 (6), S. 2139–2145.

Thistlethwaite, P. A.; Kaneko, K.; Madani, M. M.; Jamieson, S. W. (2008): Technique and Outcomes of Pulmonary Endarterectomy Surgery. In: *Annals of Thoracic and Cardiovascular Surgery* 14 (5), S. 274–282.

Thomson, B.; Tsui, S. S. L.; Dunning, J.; Goodwin, A.; Vuylsteke, A.; Latimer, R. et al. (2008): Pulmonary endarterectomy is possible and effective without the use of complete circulatory arrest--the UK experience in over 150 patients. In: *European Journal of Cardio-thoracic Surgery* 33 (2), S. 157–163.

Thomson, B. und Jenkins, D. P. (2009): Chronic thromboembolic pulmonary hypertension and pulmonary endarterectomy. In: Searl, C. P. und Ahmed, S. T. (Hrsg.): Core topics in thoracic anesthesia. Cambridge, UK, New York: Cambridge University Press, S. 395–401.

Todd, M. M. (2003): Principles of Successful Sample Surveys. In: *Anesthesiology* (99), S. 1251–1252.

Treiblmaier, H. (2011): Datenqualität und Validität bei Online-Befragungen. In: *Markt* 50 (1), S. 3–18.

Trummer, G. (2011): Beatmung leichter gemacht. In: *Zeitschrift für Herz-, Thorax- und Gefäßchirurgie* 25 (5), S. 279–285.

Tusman, G.; Böhm, S. H.; Warner, D. O.; Sprung, J. (2012): Atelectasis and perioperative pulmonary complications in high-risk patients. In: *Current Opinion in Anaesthesiology* 25 (1), S. 1–10.

Valchanov, K. und Vuylsteke, A. (2006): Pulmonary endarterectomy. In: *European Journal of Anaesthesiology* 23 (10), S. 815–823.

Valchanov, K. und Vuylsteke, A. (2009): Anesthesia for pulmonary endarterectomy. In: Searl, C. P. und Ahmed, S. T. (Hrsg.): *Core topics in thoracic anesthesia*. Cambridge, UK, New York: Cambridge University Press, S. 99–104.

VanGeest, J. B.; Johnson, T. P.; Welch, V. L. (2007): Methodologies for improving response rates in surveys of physicians: a systematic review. In: *Evaluation & the Health Professions* 30 (4), S. 303–321.

VanGeest, J. B. und Johnson, T. P. (2013): Surveying Clinicians: An Introduction to the Special Issue. In: *Evaluation & the Health Professions* 36 (3), S. 275–278.

van Kan, C.; van der Plas, M. N.; Kloek, J. J.; Reesink, H. J.; Bresser, P. (2012): Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension: Effects of Pulmonary Endarterectomy. In: *Topics in Thoracic Surgery*. INTECH Open Access Publisher, S. 95–116.

Villar, J.; Kacmarek, R. M.; Pérez-Méndez, L.; Aguirre-Jaime, A. (2006): A high positive end-expiratory pressure, low tidal volume ventilatory strategy improves outcome in persistent acute respiratory distress syndrome: a randomized, controlled trial. In: *Critical Care Medicine* 34 (5), S. 1311–1318.

Vizza, C. D.; Badagliacca, R.; Sciomer, S.; Poscia, R.; Battagliese, A.; Schina, M. et al. (2006): Mid-Term Efficacy of Beraprost, an Oral Prostacyclin Analog, in the Treatment of Distal CTEPH: A Case Control Study. In: *Cardiology* 106 (3), S. 168–173.

Vlaar, A. P. J.; Cornet, A. D.; Hofstra, J. J.; Porcelijn, L.; Beishuizen, A.; Kulik, W. et al. (2012): The effect of blood transfusion on pulmonary permeability in cardiac surgery patients: a prospective multicenter cohort study. In: *Transfusion* 52 (1), S. 82–90.

von Maurer, M. und Jandura, O. (2009): Masse statt Klasse? Einige kritische Anmerkungen zu Repräsentativität und Validität von Online-Befragungen. In: Nikolaus Jakob, Harald Schoen und Thomas Zerback (Hrsg.): *Sozialforschung im Internet*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 61–73.

Voswinckel, R.; Enke, B.; Reichenberger, F.; Kohstall, M.; Kreckel, A.; Krick, S. et al. (2006): Favorable Effects of Inhaled Treprostinil in Severe Pulmonary Hypertension: Results from Randomized Controlled Pilot Studies. In: *Journal of the American College of Cardiology* 48 (8), S. 1672–1681.

Vuylsteke, A.; Sharples, L.; Charman, G.; Kneeshaw, J.; Tsui, S.; Dunning, J. et al. (2011): Circulatory arrest versus cerebral perfusion during pulmonary endarterectomy surgery (PEACOG): a randomised controlled trial. In: *The Lancet* 378 (9800), S. 1379–1387.

Weber, C.; Banken, L.; Birnboeck, H.; Schulz, R. (1999): Effect of the Endothelin-Receptor Antagonist Bosentan on the Pharmacokinetics and Pharmacodynamics of Warfarin. In: *The Journal of Clinical Pharmacology* 39 (8), S. 847–854.

Welsby, I. J.; Um, J.; Milano, C. A.; Ortel, T. L.; Arepally, G. (2010): Plasmapheresis and Heparin Reexposure as a Management Strategy for Cardiac Surgical Patients with Heparin-Induced Thrombocytopenia. In: *Anesthesia and Analgesia* 110 (1), S. 30–35.

Wilkins, H.; Lang, I.; Behr, J.; Berghaus, T.; Grohe, C.; Guth, S. et al. (2010): Chronisch thromboembolische pulmonale Hypertonie: Empfehlungen der Kölner

Konsensus-Konferenz 2010. In: *Deutsche medizinische Wochenschrift* 135 (Suppl), S. S125–S130.

Wilkens, H.; Lang, I.; Behr, J.; Berghaus, T.; Grohe, C.; Guth, S. et al. (2011): Chronic thromboembolic pulmonary hypertension (CTEPH): Updated Recommendations of the Cologne Consensus Conference 2011. In: *International Journal of Cardiology* 154, S. S54–S60.

Wilkens, H.; Konstantinides, S.; Lang, I.; Bunck, A. C.; Gerges, M.; Gerhardt, F. et al. (2016): Chronisch thromboembolische pulmonale Hypertonie: Empfehlungen der Kölner Konsensus Konferenz 2016. In: *Deutsche medizinische Wochenschrift* 141 (Suppl 01), S. S62–S69.

Williamson, T. L.; Kim, N. H.; Rubin, L. J. (2002): Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension. In: *Progress in Cardiovascular Diseases* 45 (3), S. 203–212.

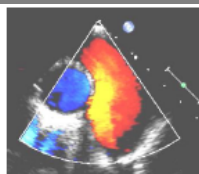
Wittine, L. M. und Auger, W. R. (2010): Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension. In: *Current Treatment Options in Cardiovascular Medicine* 12 (2), S. 131–141.

Wolf, M.; Boyer-Neumann, C.; Parent, F.; Eschwege, V.; Jaillet, H.; Meyer, D.; Simonneau, G. (2000): Thrombotic risk factors in pulmonary hypertension. In: *European Respiratory Journal* 15 (2), S. 395–399.

Yıldızeli, B.; Taş, S.; Yanartaş, M.; Kaymaz, C.; Mutlu, B.; Karakurt, S. et al. (2013): Pulmonary endarterectomy for chronic thrombo-embolic pulmonary hypertension: an institutional experience. In: *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* 44 (3), S. e219–e227.

## 9 Anhang

### 9.1 Anschreiben an die PEA-Zentren



#### International survey on the practice of anesthesia, perfusion and postoperative intensive care for pulmonary endarterectomy (PEA)

Dear .....

Our study group intends to conduct an international online survey on anesthesia, perfusion and postoperative intensive care for pulmonary endarterectomy (PEA) among the major PEA/CTEPH centres worldwide. Your hospital meets the inclusion criteria (a minimum of 10 PEAs conducted per year) and therefore you have been chosen to take part in this survey. The study aims to investigate the actual treatment standards in anesthesia, perfusion and postoperative intensive care management. Furthermore, we would like to collect selected treatment-related data.

You have already been contacted by Prof. Eckhard Mayer, one of our Chief Investigators. We would like to thank you very much for showing an interest in participating in this survey.

Since the survey involves the above-named specialties, we would like to ask you to identify designated members of staff in agreement with the directors / heads of anesthesia, perfusion services and intensive care medicine and provide us with their email addresses. A link to the survey will then be sent to them so that they can enter data online. In order to provide your colleagues with relevant information, a separate cover letter (pdf 'anesthesia, perfusion, intensive care') has been prepared.

- We kindly ask you to forward the cover letter 'anesthesia, perfusion, intensive care' to the directors of the respective departments.
- Please send us the email addresses of three staff members (anesthesia, perfusion, intensive care - including indication of their specialty). You can do this by simply using the option to directly reply to this email.
- We kindly ask you to fill out the section about general questions. To facilitate collation of the data, we have provided you with a separate text document ('general questions') which you may print out and fill in by hand before feeding into the online survey. This text document (pdf format) can be found in the attachments. Also, it may be necessary to consult a medical statistician for specific statistic issues (e.g. quartiles).

**Please do so as soon as you can. If you are not able to answer the 'general questions' questionnaire in person, please choose an additional member of staff who is involved in the mentioned areas or data collection and forward this message (including the separate pdf document 'general questions') to him / her.**

Please click [here](#) to begin with 'general questions'.

Although we will not be collecting personal data, we would like to ask you to inform your local ethics committee or data protection authority. Of course, we assure you and your members of staff that all data pertaining to the quality of treatment will be treated confidentially. Data will not be used to correlate outcomes with identifiable hospitals.

**Your cooperation is an essential and indispensable part of this survey. We would therefore like to thank you and all other contributors in advance for your efforts!**

If you have any questions, please do not hesitate to contact us ([PEA-Survey@med.uni-giessen.de](mailto:PEA-Survey@med.uni-giessen.de)).

Sincerely,

**Prof. Dr. Eckhard Mayer**

Director of Thoracic Surgery  
Kerckhoff-Klinik Bad Nauheim  
Germany

**Prof. Dr. Markus A. Weigand**

Chairman, Department of Anesthesia,  
Intensive Care Medicine, Pain Medicine  
Giessen University Hospital  
Germany

**Dr. Matthias Scheffler**

Consultant Anesthetist  
Department of Anesthesia,  
Intensive Care Medicine, Pain Medicine  
Giessen University Hospital  
Germany

**PD Dr. Matthias Wolff**

Consultant Anesthetist  
Department of Anesthesia,  
Intensive Care Medicine, Pain Medicine  
Giessen University Hospital  
Germany

**Johannes Gehron, BSc (Open)**

Director of Perfusion Services  
Department of Cardiac Surgery,  
Pediatric Cardiac Surgery and Vascular Surgery  
Giessen University Hospital  
Germany

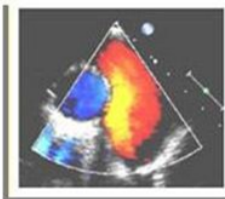
**Natalie Striegl**

Medical student  
Department of Anesthesia,  
Intensive Care Medicine, Pain Medicine  
Giessen University Hospital  
Germany

## 9.2 Festgelegte Seiten aller Fragebögen

Die festgelegte Willkommens- und Verabschiedungsseite sowie die Pflichtangabe zur Lokalisation des Zentrums aller Fragebögen, exemplarisch anhand des allgemeinen Fragebogens dargestellt.

### General Questions



#### PEA Survey

Welcome to the international survey on the practice of anesthesia, perfusion and postoperative intensive care for pulmonary endarterectomy (PEA)!

[Load unfinished survey](#)[Next >>](#)[\[Exit and clear survey\]](#)

0%  100%

#### General Questions

The following questionnaire contains 11 questions.

The questions address standards of treatment as well as already existing data. **Please transfer the data from your prepared text document to the online survey now.**

Please note the following suggestions for the operation of the programme:

- ▶ Move between questions with the survey's own buttons ('Previous' / 'Next'), do not use the arrows of your browser
- ▶ It will be possible to interrupt the survey and continue at another point of time with the help of the button 'Resume later'
- ▶ If you are not able to or would not like to answer a question, it will be possible to skip this question by choosing 'No answer'

We would like to advise you again that your data will be treated confidentially and according to the legal regulations of data protection. All collected data will be analysed along with the data of other participating clinics and will be published solely anonymously. Therefore, it will not be possible to draw conclusions about your institution.

**Thank you very much for your support on this international survey!**

[Load unfinished survey](#)[Next >>](#)[\[Exit and clear survey\]](#)

General Questions

0%  100%

General Questions

**\*In order to identify your department correctly, please choose the town in which your hospital is located, from the list below:**

- ☐ Chiba / Japan
- ☐ Osaka / Japan
- ☐ Bangalore / India
- ☐ Vienna / Austria
- ☐ Leuven / Belgium
- ☐ Prague / Czech Republic
- ☐ Aarhus / Denmark
- ☐ Paris / France
- ☐ Bad Nauheim / Germany
- ☐ Hannover / Germany
- ☐ Homburg / Germany
- ☐ Pavia / Italy
- ☐ Amsterdam / Netherlands
- ☐ Nijmegen / Netherlands
- ☐ Warsaw / Poland
- ☐ Novosibirsk / Russia
- ☐ Cambridge / United Kingdom
- ☐ Ottawa / Canada
- ☐ Toronto / Canada
- ☐ Baltimore / United States of America
- ☐ Birmingham / United States of America
- ☐ Cleveland / United States of America
- ☐ Rochester / United States of America
- ☐ San Diego / United States of America
- ☐ Seattle / United States of America
- ☐ Buenos Aires / Argentina
- ☐ Sao Paulo / Brazil


[Resume later](#)
[<< Previous](#)
[Next >>](#)
[\[Exit and clear survey\]](#)

---

General Questions

0%  100%

General Questions



**If you have finished your data entry, please press the button 'submit'.**  
**In case you might want to change an answer, please go back to the question you need to correct and return to this page afterwards.**

[Resume later](#)
[<< Previous](#)
[Submit](#)
[\[Exit and clear survey\]](#)

### 9.3 Allgemeiner Fragebogen

General Questions

0%  100%

General Questions

**1. How many beds are available in your hospital (please indicate number of beds in the entire hospital)?**

► The maximum number of digits allowed is 4


beds

Only numbers may be entered in this field

[Resume later](#)
[<< Previous](#)
[Next >>](#)
[\[Exit and clear survey\]](#)



**General Questions**

0%  100%

General Questions


**2. Please indicate which of the following characteristics apply to your hospital!**

► *Please mark three options maximum*

- ☐ General hospital
- ☐ Major Teaching hospital
- ☐ Teaching hospital
- ☐ Military hospital
- ☐ Specialist hospital (e.g. cardiothoracic centre)
- ☐ University hospital
- ☐ Other characteristic (please specify in the following window)

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**General Questions**

0%  100%

General Questions

**3. How many patients in total have ever undergone pulmonary endarterectomy (PEA) at your institution?**


► *The maximum number of digits allowed is 4*

patients

Only numbers may be entered in this field

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**General Questions**

0%  100%

General Questions


**4. Following pulmonary endarterectomy (PEA), on which post-operative day is discharge supposed to take place at your hospital?**

► *Please mark the appropriate line*

- ☒ Indication possible (please specify in the following window)
- ☐ No indication possible
- ☐ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**General Questions**

0%  100%

General Questions

**4.1 Postoperative day of discharge**

► *Please use whole numbers only*


► *The maximum number of digits allowed is 2*

day

Only numbers may be entered in this field

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**General Questions**

0%  100%


General Questions

**5. Is a caval filter routinely inserted preoperatively at your institution?**

☐ Yes ☐ No ☒ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**General Questions**

0%  100%


General Questions

**Please note:**

All of following questions regarding pulmonary endarterectomy (PEA) refer exclusively to the year 2009 (January 1 to December 31, 2009)!

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**General Questions**

0%  100%

General Questions

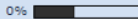
6. Please give some information about the patients' actual length of stay at your hospital!

- ▶ Please advert your data to the year 2009 (January 1 to December 31, 2009)
- ▶ Only one decimal place is allowed
- ▶ Please use no more than 4 digits before the decimal point / decimal comma

Minimum	<input type="text"/>	days
1 <sup>st</sup> Quartile	<input type="text"/>	days
Median	<input type="text"/>	days
3 <sup>rd</sup> Quartile	<input type="text"/>	days
Maximum	<input type="text"/>	days
Arithmetic mean	<input type="text"/>	days
Standard deviation (+/-)	<input type="text"/>	days

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**General Questions**

0%  100%

General Questions

7. How many patients have undergone pulmonary endarterectomy (PEA) at your hospital during the year 2009 (January 1 to December 31, 2009)?

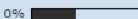
- ▶ The maximum number of digits allowed is 3

patients

Only numbers may be entered in this field

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**General Questions**

0%  100%

General Questions

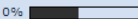
8. What was the patients' age at the time of surgery during the year 2009 (January 1 to December 31, 2009)?

- ▶ Only one decimal place is allowed
- ▶ Please use no more than 2 digits before the decimal point / decimal comma

Minimum	<input type="text"/>	years
1 <sup>st</sup> Quartile	<input type="text"/>	years
Median	<input type="text"/>	years
3 <sup>rd</sup> Quartile	<input type="text"/>	years
Maximum	<input type="text"/>	years
Arithmetic mean	<input type="text"/>	years
Standard deviation (+/-)	<input type="text"/>	years

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**General Questions**

0%  100%

General Questions

9. What was the proportion of female and male patients during the year 2009 (January 1 to December 31, 2009)?

► Please use whole numbers only

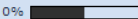
► The maximum number of digits allowed is 3

Number of female patients:

Number of male patients:

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**General Questions**

0%  100%

General Questions

10. Are patient data available for the year 2009 (January 1 to December 31, 2009), which allow preoperative evaluation of the severity of chronic thromboembolic pulmonary hypertension (CTEPH)?

☒ Yes, for all patients of the year 2009

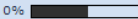
☐ Yes, but only for a limited number of patients of the year 2009

☐ No

☐ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**General Questions**

0%  100%

General Questions

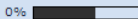
10.1 If 'YES': Which of the following patient data for the year 2009 (January 1 to December 31, 2009) are available?

► Please specify in the following windows if applicable

	Yes	No	No answer
WHO functional class	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6 minute walk test	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Borg dyspnea index	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mean pulmonary artery pressure (mPAP)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pulmonary vascular resistance (PVR)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
NT-pro-BNP	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Other data	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**General Questions**

0%  100%

General Questions

10.2 Please indicate your preoperative WHO functional class data for the year 2009 (January 1 to December 31, 2009):

► Please use whole numbers only

► The maximum number of digits allowed is 3

WHO functional class I:  patient(x)

WHO functional class II:  patient(x)

WHO functional class III:  patient(x)

WHO functional class IV:  patient(x)

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**General Questions**

0%  100%

General Questions

10.2 Please indicate your preoperative 6 minute walk test data for the year 2009 (January 1 to December 31, 2009):

- ▶ Only one decimal place is allowed
- ▶ Please use no more than 3 digits before the decimal point / decimal comma

Minimum	<input type="text"/>	meters
1 <sup>st</sup> Quartile	<input type="text"/>	meters
Median	<input type="text"/>	meters
3 <sup>rd</sup> Quartile	<input type="text"/>	meters
Maximum	<input type="text"/>	meters
Arithmetic mean	<input type="text"/>	meters
Standard deviation (+/-)	<input type="text"/>	meters

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**General Questions**

0%  100%

General Questions

10.2 Please indicate your preoperative Borg dyspnea index data for the year 2009 (January 1 to December 31, 2009):

- ▶ Please use whole numbers only
- ▶ The maximum number of digits allowed is 3

Borg dyspnea index 1:	<input type="text"/>	patient(s)
Borg dyspnea index 2:	<input type="text"/>	patient(s)
Borg dyspnea index 3:	<input type="text"/>	patient(s)
Borg dyspnea index 4:	<input type="text"/>	patient(s)
Borg dyspnea index 5:	<input type="text"/>	patient(s)
Borg dyspnea index 6:	<input type="text"/>	patient(s)
Borg dyspnea index 7:	<input type="text"/>	patient(s)
Borg dyspnea index 8:	<input type="text"/>	patient(s)
Borg dyspnea index 9:	<input type="text"/>	patient(s)
Borg dyspnea index 10:	<input type="text"/>	patient(s)

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**General Questions**

0%  100%

General Questions

10.2 Please indicate your preoperative mean pulmonary artery pressure (mPAP) data for the year 2009 (January 1 to December 31, 2009):

- ▶ Only one decimal place is allowed
- ▶ Please use no more than 3 digits before the decimal point / decimal comma

Minimum	<input type="text"/>	mmHg
1 <sup>st</sup> Quartile	<input type="text"/>	mmHg
Median	<input type="text"/>	mmHg
3 <sup>rd</sup> Quartile	<input type="text"/>	mmHg
Maximum	<input type="text"/>	mmHg
Arithmetic mean	<input type="text"/>	mmHg
Standard deviation (+/-)	<input type="text"/>	mmHg

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**General Questions**

0%  100%

General Questions

10.2 Please indicate your preoperative pulmonary vascular resistance (PVR) data for the year 2009 (January 1 to December 31, 2009):

- ▶ Only one decimal place is allowed
- ▶ Please use no more than 4 digits before the decimal point / decimal comma
- ▶ If you usually use  $\text{MPa} \cdot \text{s} \cdot \text{cm}^{-5}$  instead of  $\text{dyn} \cdot \text{s} \cdot \text{cm}^{-5}$ , please multiply your  $\text{MPa} \cdot \text{s} \cdot \text{cm}^{-5}$  value by 10 to provide  $\text{dyn} \cdot \text{s} \cdot \text{cm}^{-5}$
- ▶ If you usually use Wood units instead of  $\text{dyn} \cdot \text{s} \cdot \text{cm}^{-5}$ , please multiply your Wood unit value by 80 to provide  $\text{dyn} \cdot \text{s} \cdot \text{cm}^{-5}$

Minimum	<input type="text"/>	$\text{dyn} \cdot \text{s} \cdot \text{cm}^{-5}$
1 <sup>st</sup> Quartile	<input type="text"/>	$\text{dyn} \cdot \text{s} \cdot \text{cm}^{-5}$
Median	<input type="text"/>	$\text{dyn} \cdot \text{s} \cdot \text{cm}^{-5}$
3 <sup>rd</sup> Quartile	<input type="text"/>	$\text{dyn} \cdot \text{s} \cdot \text{cm}^{-5}$
Maximum	<input type="text"/>	$\text{dyn} \cdot \text{s} \cdot \text{cm}^{-5}$
Arithmetic mean	<input type="text"/>	$\text{dyn} \cdot \text{s} \cdot \text{cm}^{-5}$
Standard deviation (+/-)	<input type="text"/>	$\text{dyn} \cdot \text{s} \cdot \text{cm}^{-5}$

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**General Questions**

0%  100%

General Questions

10.2 Please indicate your preoperative NT-pro-BNP data for the year 2009 (January 1 to December 31, 2009):

- ▶ Please use whole numbers only
- ▶ The maximum number of digits allowed is 5

Minimum	<input type="text"/>	pg / ml
1 <sup>st</sup> Quartile	<input type="text"/>	pg / ml
Median	<input type="text"/>	pg / ml
3 <sup>rd</sup> Quartile	<input type="text"/>	pg / ml
Maximum	<input type="text"/>	pg / ml
Arithmetic mean	<input type="text"/>	pg / ml
Standard deviation (+/-)	<input type="text"/>	pg / ml

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**General Questions**

0%  100%

General Questions

10.2 Please indicate any additional data (including units) for preoperative evaluation of severity of CTEPH for the year 2009 (January 1 to December 31, 2009):

- ▶ If necessary, please use no more than one decimal place
- ▶ If not applicable, please indicate your data in the following free text field

Which additional data are available?

Minimum	<input type="text"/>
1 <sup>st</sup> Quartile	<input type="text"/>
Median	<input type="text"/>
3 <sup>rd</sup> Quartile	<input type="text"/>
Maximum	<input type="text"/>
Arithmetic mean	<input type="text"/>
Standard deviation (+/-)	<input type="text"/>

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**General Questions**

0% ☐ 100%

General Questions

11. What was your in-hospital mortality following pulmonary endarterectomy (PEA) at your institution during the year 2009 (January 1 to December 31, 2009)?

► Please mark the appropriate line

☒ Exact figure available (please specify in the following window)

☐ No exact figure available

☐ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

---

**General Questions**

0% ☐ 100%

General Questions

11.1 Please specify the absolute number of patients who passed away following pulmonary endarterectomy (PEA) at your hospital during the year 2009 (January 1 to December 31, 2009)!

► Please indicate as precisely as possible

► The maximum number of digits allowed is 3

patients

Only numbers may be entered in this field

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

## 9.4 Anästhesie I-Fragebogen

**Anesthesia I**

0% ☐ 100%

Anesthesia I

The following questions (1 - 11) deal with the preoperative preparation and administration of drugs in anesthesia for pulmonary endarterectomy (PEA):

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

---

**Anesthesia I**

0% ☐ 100%

Anesthesia I

1. Do you use oral premedication for preoperative sedation?

☒ Yes ☐ No ☐ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

---

**Anesthesia I**

0% ☐ 100%

Anesthesia I

1.1 IF YES, what do you use for oral premedication?

► Please mark each option preferably with either 'YES' or 'NO'

► Multiple answers with 'YES' are possible

	Yes	No	No answer
Antihistamines	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Benzodiazepines	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Clonidine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Neuroleptics	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Opioids	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Other premedication (please specify in the following window)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

Exemplarische Darstellung einer Weiterleitung bei Auswahl des Feldes „Andere“:

**Anesthesia I**

0%  100%

Anesthesia I

Other premedication (please specify):

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

---

**Anesthesia I**

0%  100%

Anesthesia I

2. Which medication do you use for induction of anesthesia?

► Please mark each option preferably with either 'YES' or 'NO'

► Multiple answers with 'YES' are possible

	Yes	No	No answer
Opioids (please specify in the following window)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Benzodiazepines (please specify in the following window)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Muscle relaxants (please specify in the following window)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Propofol	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Etomidat	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ketamine/S-Ketamine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Other medication (please specify in the following window)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

---

**Anesthesia I**

0%  100%

Anesthesia I

3. What do you use to maintain anesthesia before cardiopulmonary bypass (CBP)?


► Please mark each option preferably with either 'YES' or 'NO'

► Multiple answers with 'YES' are possible

	Yes	No	No answer
Benzodiazepines	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Opioids	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Propofol	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Desflurane	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Enflurane	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Isoflurane	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sevoflurane	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
N2O	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Clonidine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dexmedetomidine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ketamine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Other drugs (please specify in the following window)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

0%  100%

Anesthesia I

4. What do you use to maintain anesthesia during cardiopulmonary bypass (CBP)?


► Please mark each option preferably with either 'YES' or 'NO'

► Multiple answers with 'YES' are possible

	Yes	No	No answer
Benzodiazepines	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Opioids	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Propofol	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Desflurane	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Enflurane	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Isoflurane	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sevoflurane	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Clonidine	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dexmedetomidine	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ketamine	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Other drugs (please specify in the following window)	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Resume later << Previous Next >> [Exit and clear survey]

**Anesthesia I**

0%  100%

Anesthesia I

5. What do you use to maintain anesthesia after cardiopulmonary bypass (CBP)?


► Please mark each option preferably with either 'YES' or 'NO'

► Multiple answers with 'YES' are possible

	Yes	No	No answer
Benzodiazepines	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Opioids	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Propofol	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Desflurane	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Enflurane	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Isoflurane	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sevoflurane	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Clonidine	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dexmedetomidine	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ketamine	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Other drugs (please specify in the following window)	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Resume later << Previous Next >> [Exit and clear survey]

**Anesthesia I**

0%  100%

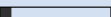
Anesthesia I

6. Do you use antifibrinolytic agents?

☒ Yes ☐ No ☐ No answer

Resume later << Previous Next >> [Exit and clear survey]

**Anesthesia I**

0%  100%

Anesthesia I

6.1 If YES, please specify which antifibrinolytic agents you use!

► Please mark each option preferably with either 'YES' or 'NO'

► Multiple answers with 'YES' are possible

	Yes	No	No answer
Aprotinin	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Epsilon aminocaproic acid	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Tranexamic acid	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Resume later << Previous Next >> [Exit and clear survey]



**Anesthesia I**

0% ☐ 100%

Anesthesia I

7. Do you use an initial standardized dose of heparin (e.g. 400 U/kg)?

☒ Yes ☐ No ☐ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

0% ☐ 100%

Anesthesia I

7.1 If 'YES': Please specify what your standard heparin dose is:

► Please use whole numbers only

► The maximum number of digits allowed is 3

U / kg

Only numbers may be entered in this field

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

0% ☐ 100%

Anesthesia I

8. Does your initial dose of heparin differ from the dose used for other cardiac operations with cardiopulmonary bypass (CBP)?

☒ Yes ☐ No ☐ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

0% ☐ 100%

Anesthesia I

9. Before administering heparin, do you create a heparin dose-response curve?

☒ Yes ☐ No ☐ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

0% ☐ 100%

Anesthesia I

10. What method do you use to determine the effect of heparin/anticoagulation during cardiopulmonary bypass (CBP)?

► Please mark each option preferably with either 'YES' or 'NO'

► Multiple answers with 'YES' are possible

	Yes	No	No answer
Activated clotting time (ACT)	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Heparin-level-based anticoagulation management	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Other method (please specify in the following window)	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

0% ☐ 100%


Anesthesia I

11. In anesthesia for pulmonary endarterectomy (PEA), do you use specific antioxidant agents / anti-inflammatory agents?

☒ Yes ☐ No ☐ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**


0%  100%

Anesthesia I

The following questions (12 - 19) relate to anesthetic techniques / monitoring for pulmonary endarterectomy (PEA):

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

0%  100%


Anesthesia I

12. Do you routinely use thoracic epidural anesthesia?

☒ Yes ☐ No ☐ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

0%  100%

Anesthesia I

13. How many central vein catheters do you usually insert (a sheath and a pulmonary artery catheter count as one central vein catheter)?


► The maximum number of digits allowed is 1

central vein catheter(s)

Only numbers may be entered in this field

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

0%  100%

Anesthesia I

14. How many arterial catheters do you use to measure invasive blood pressure?


► The maximum number of digits allowed is 1

arterial catheter(s)

Only numbers may be entered in this field

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

0%  100%

Anesthesia I

15. Which puncture site do you prefer for direct measurement of arterial blood pressure?


► Please mark each option preferably with either 'YES' or 'NO'

► Multiple answers with 'YES' are possible

	Yes	No	No answer
Radial artery	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Femoral artery	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Acillary artery	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Brachial artery	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Dorsalis pedis artery	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

0%  100%

Anesthesia I

16. Which method do you use to measure cardiac output?

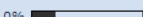
► Please mark each option preferably with either 'YES' or 'NO'

► Multiple answers with 'YES' are possible

	Yes	No	No answer
Pulmonary artery catheter: Right heart thermodilution (bolus method)	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pulmonary artery catheter: Continuous cardiac output (CCO)	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pulmonary artery catheter: Right ventricular ejection fraction (RVEF) catheter	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Transpulmonary thermodilution (PICCO®, UDCO®)	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Arterial pressure-based cardiac output (FloTrac®)	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Transesophageal echocardiography	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Other measurements (please specify in the following window)	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

0%  100%

Anesthesia I

17. Where do you measure body temperature?


► Please mark each option preferably with either 'YES' or 'NO'

► Multiple answers with 'YES' are possible

	Yes	No	No answer
Oral temperature	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nasopharyngeal temperature	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Esophageal temperature	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rectal temperature	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Urinary bladder temperature	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ear temperature	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Other temperature measurement (please specify in the following window)	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

0%  100%


Anesthesia I

18. In your institution, do you do transesophageal echocardiography (TEE) intraoperatively for pulmonary endarterectomy (PEA)?

☒ Yes ☐ No ☐ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

0%  100%


Anesthesia I

18.1 If YES: Do you use a standard TEE protocol to monitor right-heart function?

☐ Yes ☐ No ☒ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

0%  100%

Anesthesia I

18.2 When doing TEE, do you check intraoperatively for atrial septum defects (ASD) or a patent foramen ovale (PFO)?

☒ Yes ☐ No ☐ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

Anesthesia I

0% ☐ 100%

Anesthesia I

19. Do you consider TEE to be an adjunct monitoring tool during pulmonary endarterectomy (PEA)?

☒ Yes ☐ No ☐ No answer

[Resume later](#) << Previous Next >> [\[Exit and clear survey\]](#)

Anesthesia I

0% ☐ 100%

Anesthesia I

The following question (20) deals with ventilation therapy before cardiopulmonary bypass:

[Resume later](#) << Previous Next >> [\[Exit and clear survey\]](#)

Anesthesia I

0% ☐ 100%

Anesthesia I

20. Do you use a standard ventilator setting before cardiopulmonary bypass?

☒ Yes ☐ No ☐ No answer

[Resume later](#) << Previous Next >> [\[Exit and clear survey\]](#)

Anesthesia I

0% ☐ 100%

Anesthesia I

20.1 If YES: What standard ventilator mode would you use?

► Please choose only one option

☒ Pressure controlled ventilation (PCV)  
☐ Volume controlled ventilation (VCV)  
☐ Other standard ventilator setting (please specify in the following window)  
☐ No answer

[Resume later](#) << Previous Next >> [\[Exit and clear survey\]](#)

Anesthesia I

0% ☐ 100%

Anesthesia I

20.2 If you use a standard ventilator mode before cardiopulmonary bypass, please give more detailed information:

► Please use whole numbers only  
 ► The maximum number of digits allowed is 5

Ventilation rate [ $\text{min}^{-1}$ ]	<input type="text"/>
Pressure level above PEEP ( <u>only</u> PCV); [mbar]	<input type="text"/>
Tidal volume ( <u>only</u> VCV); [ml/kg]	<input type="text"/>
Fixed tidal volume [ml]	<input type="text"/>
Positiv end-expiratory pressure (PEEP); [mbar]	<input type="text"/>
Inspiratory to Expiratory ratio (I:E; e.g. 1:2)	<input type="text"/>
Pressure increase time ( <u>only</u> PCV); [%]	<input type="text"/>

[Resume later](#) << Previous Next >> [\[Exit and clear survey\]](#)

Anesthesia I


0% ☐ 100%

Anesthesia I

The following questions (21 - 23) deal with hemodynamic therapy as well as with infusion and volume therapy before cardiopulmonary bypass (CPB):

[Resume later](#) << Previous Next >> [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

0%  100%

Anesthesia I


21. Prior to CPB, do you prefer a restricted ( $\leq 1000$  ml) or a liberal ( $> 1000$ ml) fluid regimen?

► Please choose the option you would most likely use

☒ Restrictive fluid regimen  
☐ Liberal fluid regimen  
☐ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

0%  100%


Anesthesia I

22. Depending on the condition of the patient, would you use preoperative autologous hemotherapy?

☒ Yes ☐ No ☐ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

0%  100%

Anesthesia I

23. Which of the listed treatments would you use for atrial fibrillation before cardiopulmonary bypass?


► Please mark each option preferably with either 'YES' or 'NO'

► Multiple answers with 'YES' are possible

	Yes	No	No answer
Electrical cardioversion	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pharmacologic cardioversion	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**


0%  100%

Anesthesia I

The following questions (24 - 29) deal with the phase of cardiopulmonary bypass in the setting of anesthesia for pulmonary endarterectomy (PEA):

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

0%  100%

Anesthesia I

24. In the setting of pulmonary endarterectomy, what neuromonitoring method do you use?


► Please mark each option preferably with either 'YES' or 'NO'

► Multiple answers with 'YES' are possible

	Yes	No	No answer
Monitoring of nasopharyngeal temperature as an indicator of brain temperature	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Monitoring of ear temperature as an indicator for brain temperature	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Electroencephalography (EEG)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Processed EEG (compressed spectral assay / CSA, density-modulated display of power spectrum analysis / DSA)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Bispectral Index (BIS)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Other methods to measure depth of anesthesia (please specify in the following window)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Near infrared spectroscopy (NIRS)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Jugular venous oxygen saturation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Transcranial Doppler ultrasound (TCD)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Evoked potentials (EP)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Evaluation of cerebral perfusion pressure (CPP) by using central venous pressure	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Other neuromonitoring (please specify in the following window)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

0%  100%

Anesthesia I

25. What neuroprotection, apart from hypothermia, do you use during pulmonary endarterectomy (PEA)?

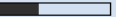
► Please mark each option preferably with either "YES" or "NO"

► Multiple answers with "YES" are possible

	Yes	No	No answer
Intermittent cerebral perfusion	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Selective antegrade cerebral perfusion	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Retrograde cerebral perfusion	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Stratified depth of anesthesia before deep hypothermic cardiac arrest (DHCA) in order to achieve isoelectric EEG	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Increased depth of anesthesia before deep hypothermic cardiac arrest (DHCA) until EEG-0	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Topical cooling of the head with local application of ice packs	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Topical cooling of the head with various equipment (please specify in the following window)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Administration of barbiturates	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Administration of propofol	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Administration of propofol bolus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Administration of sufentanil during the bypass period	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Administration of sufentanil during the bypass period	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Administration of sufentanil during the bypass period	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Administration of sufentanil during the bypass period	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Administration of sufentanil during the bypass period	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Administration of sufentanil during the bypass period	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Administration of calcium antagonists	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Administration of glutamate/NMDA-antagonists	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Administration of serine protease inhibitors (Aprotinin)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Administration of lidocaine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Administration of etomidate	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Administration of mannitol	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Administration of muscle relaxants	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Strict blood glucose control (glucose level < 100 mg/dl or < 5.55 mmol/l)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cerebral ischemic preconditioning	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Other drugs / methods (please specify in the following window)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

0%  100%

Anesthesia I

26. During pulmonary endarterectomy (PEA), what organ / kidney protection do you use?

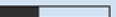
► Please mark each option preferably with either "YES" or "NO"

► Multiple answers with "YES" are possible

	Yes	No	No answer
Mannitol	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dopamine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
N-acetylcysteine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fenoldopam	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nesiritide	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Maintenance of permanently increased mean arterial blood pressure (MAP) during cardio pulmonary bypass (MAP ≥ 50 mmHg)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pulsatile flow during cardiopulmonary bypass (CPB)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Other methods (please specify in following window)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

0%  100%

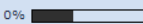
Anesthesia I

27. Do you consider persistent ventricular fibrillation after removal of the aortic cross clamp (end of ischemic period) an important problem?

☒ Yes ☐ No ☐ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

0%  100%

Anesthesia I

28. What drugs do you use to treat persistent ventricular fibrillation after removal of the aortic clamp (in addition to defibrillation and application of electrolytes)?


► Please mark each option preferably with either 'YES' or 'NO'

► Multiple answers with 'YES' are possible

	Yes	No	No answer
Amiodarone	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Lidocaine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Esmolol	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Metoprolol	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Diltiazem	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Propafenone	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Verapamil	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Ajmaline	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Procainamide	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Other drugs (please specify in the following window)	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

0%  100%


Anesthesia I

29. Do you routinely perform bronchoscopy during surgery (e.g. to exclude intrapulmonary bleeding)?

☒ Yes ☐ No ☐ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**


0%  100%

Anesthesia I

The following questions (30 - 44) deal with hemodynamic monitoring and therapy during weaning from cardiopulmonary bypass (CPB) and following cardiopulmonary bypass:

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

0%  100%


Anesthesia I

30. Do you routinely use a left atrial catheter for direct pressure measurement in the left atrium?

☒ Yes ☐ No ☐ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

0%  100%


Anesthesia I

31. Do you routinely use a left atrial catheter to infuse catecholamines into the left atrium?

☒ Yes ☐ No ☐ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

0%  100%


Anesthesia I

32. During pulmonary endarterectomy (PEA), do you think there is an optimal heart rate for weaning from cardiopulmonary bypass (CPB)?

☒ Yes ☐ No ☐ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

0%  100%

Anesthesia I

32.1 If YES: What would the optimal heart rate be (please fill in below)?

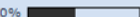
► The maximum number of digits allowed is 3

x min-1

Only numbers may be entered in this field

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

0%  100%

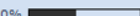
Anesthesia I

33. Do you use an epicardial pacer if the actual heart rate is substantially below the optimal heart rate for weaning from CPB?

☒ Yes ☐ No ☐ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

0%  100%


Anesthesia I

34. Do you use beta blockers if the actual heart rate is above the optimal heart rate for weaning from CPB (provided there is adequate depth of anesthesia, sinus rhythm and no atrial fibrillation)?

☒ Yes ☐ No ☐ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

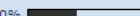
0%  100%

Anesthesia I

35. Do you routinely use inotropes or vasopressors for weaning from cardiopulmonary bypass (CPB)?

☒ Yes ☐ No ☐ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

0%  100%

Anesthesia I

35.1 If YES: What inotropes or vasopressors do you routinely use for weaning from cardiopulmonary bypass (CPB)?

► Please mark each option preferably with 'YES' or 'NO'

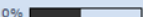
► Multiple answers with 'YES' are possible

	Yes	No	No answer
Epinephrine	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Norepinephrine	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Isoproterenol	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Phenylephrine	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ephedrine	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Milrinone	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Amrinone	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Enoximone	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Dopamine	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Dobutamine	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Dopexamine	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Triiodothyronin (T3)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Calcium	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Vasopressin	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Other inotropes / vasopressors (please specify in the following window)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)



**Anesthesia I**

0%  100%

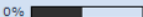
Anesthesia I

36. Do you routinely use IABP (intra-aortic balloon pump) for weaning from CPB (cardiopulmonary bypass)?

☒ Yes ☐ No ☐ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

0%  100%

Anesthesia I

37. How do you wean from cardiopulmonary bypass (CPB)?

► Please choose only one option

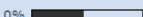
☒ Mostly controlled via volume infusion

☐ Mostly controlled via administration of inotropes or vasopressors

☐ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

0%  100%

Anesthesia I

38. Which of the following criteria do you consider the most important for hemodynamic therapy after cardiopulmonary bypass?

► Please mark three options maximum

☐ Central venous oxygen saturation

☐ Cardiac Index

☐ Systolic arterial blood pressure

☐ Mean arterial blood pressure

☐ Diastolic arterial blood pressure

☐ Systolic pulmonary arterial pressure (PAPs)

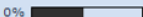
☐ Mean pulmonary arterial pressure (PAPm)

☐ Diastolic pulmonary arterial pressure (PAPd)

☒ Other criteria (please specify in the following window)

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

0%  100%

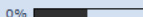
Anesthesia I

39. Is your primary therapy goal achievement of a specific cardiac index after cardiopulmonary bypass period?

☒ Yes ☐ No ☐ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

0%  100%

Anesthesia I

39.1 If YES: How would you define this?

► Please choose only one option

☐ Cardiac Index after CPB is equal to Cardiac Index before CPB

☐ Cardiac Index after CPB is up to 20% lower than Cardiac Index before CPB

☐ Cardiac Index after CPB is up to 20% higher than Cardiac Index before CPB

☐ Cardiac Index after CPB is 20% to 50% higher than Cardiac Index before CPB

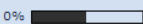
☐ Cardiac Index after CPB is more than 50% higher than Cardiac Index before CPB

☒ Other optimal scope (please specify in the following window)

☐ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

0%  100%

Anesthesia I

39.2 If YES: What do you do if the cardiac index after weaning from cardiopulmonary bypass (CPB) is too high according to your criteria?

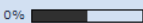
► Please mark each option preferably with either 'YES' or 'NO'

► Multiple answers with 'YES' are possible

	Yes	No	No answer
Reduction of inotropes / vasopressors	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Forced diuresis	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Elevation of positive end-expiratory pressure (PEEP)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Beta blockers	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Reduction of pacemaker rate (provided pacemaker is ON)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Other measures (please specify in the following window)	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

0%  100%

Anesthesia I

40. After cardiopulmonary bypass, which criterion do you use to initiate therapy with pulmonary vasodilators?

► Please mark only one option

☐ Systolic pulmonary arterial pressure (PAPs) < 1/2 systolic arterial blood pressure  
☐ Systolic pulmonary arterial pressure (PAPs) equals 1/2 - 2/3 systolic arterial blood pressure  
☐ Systolic pulmonary arterial pressure (PAPs) > 2/3 - 1/1 systolic arterial blood pressure  
☐ Systolic pulmonary arterial pressure (PAPs) > systolic arterial blood pressure  
☐ Treatment with pulmonary vasodilators in all cases (regardless of systolic pulmonary arterial pressure)  
☐ Under no circumstances treatment with pulmonary vasodilators  
☒ Other criterion (none of the mentioned criteria applicable)  
☐ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

41. If treatment of a raised pulmonary artery pressure is indicated after cardiopulmonary bypass: Which specific measures would you take?

► Please mark each option preferably with either 'YES' or 'NO'

► Multiple answers with 'YES' are possible

► Please specify your answers in the following windows

	Yes	No	No answer
Inhaled Isoproterenol	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Inhaled iloprost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Inhaled Milrinone	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Inhaled Nitroglycerin	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Inhaled NO	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Inhaled Sildenafil	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Inhaled Treprostinil	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Intravenous (i.v.) Alprostadil	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Intravenous (i.v.) Calcium Antagonists	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Intravenous (i.v.) Cibuloline	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Intravenous (i.v.) Epoprostenol	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Intravenous (i.v.) Iloprost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Intravenous (i.v.) Isoproterenol	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Intravenous (i.v.) Milrinone (Bolus)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Intravenous (i.v.) Milrinone (continuous infusion)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Intravenous (i.v.) Nitrite (Bolus)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Intravenous (i.v.) Nitrite (continuous infusion)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Intravenous (i.v.) Nitroglycerin	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Intravenous (i.v.) Phenylephrine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Intravenous (i.v.) Sildenafil	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Intravenous (i.v.) Sodium Nitroprusside	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Intravenous (i.v.) Terbutaline	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Intravenous (i.v.) Vasopressin	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Other treatments	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

0% ☐ 100%

Anesthesia I

42. What additional treatment do you use for right heart failure?

► Please mark each option preferably with either 'YES' or 'NO'

► Multiple answers with 'YES' are possible

	Yes	No	No answer
Dobutamine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dopamine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Suprarenine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Milrinone	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aminone	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Enoximone	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Norepinephrine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vasopressin	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Right heart assist device	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pulmonary artery balloon counterpulsation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Intra-aortic balloon pump (IABP)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Other treatments (please specify in the following window)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

0% ☐ 100%

Anesthesia I

43. Do you do transesophageal echocardiography (TEE) after cardiopulmonary bypass?

☒ Yes ☐ No ☐ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

0% ☐ 100%

Anesthesia I

43.1 If YES: How would you use TEE to determine the therapeutic success of pulmonary endarterectomy (PEA)?

► Please mark each option preferably with either 'YES' or 'NO'

► Multiple answers with 'YES' are possible

	Yes	No	No answer
Extent of tricuspid regurgitation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Right ventricular dimensions	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Right atrial dimensions	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Right ventricular contractility (RVFAC)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion (TAPSE)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Measurement of paradoxical interventricular septal motion	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Left ventricular eccentricity index	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Right ventricular Tei index	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Color doppler examination of the pulmonary arteries	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tissue doppler imaging of the right heart	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Other TEE examination (please specify in the following window)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

0% ☐ 100%

Anesthesia I

43.2 If YES: After cardiopulmonary bypass, do the TEE results influence your choice of hemodynamic therapy?

☒ Yes ☐ No ☐ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

Anesthesia I

0% ☐ 100%

Anesthesia I

44. In the event of atrial fibrillation > 100 bpm after cardiopulmonary bypass, which treatment, apart from electrolyte substitution, would you use?

► Please mark each option preferably with either 'YES' or 'NO'

► Multiple answers with 'YES' are possible

	Yes	No	No answer
Electrical cardioversion	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Amiodarone	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Beta blockers	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Calcium antagonists	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Digitalis glycosides	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Other measures (please specify in the following window)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Resume later

<< Previous Next >>

[Exit and clear survey]

Anesthesia I

0% ☐ 100%

Anesthesia I

The following question (45) relates to mechanical ventilation during and after weaning from cardiopulmonary bypass in patients undergoing pulmonary endarterectomy (PEA):

Resume later

<< Previous Next >>

[Exit and clear survey]

Anesthesia I

0% ☐ 100%

Anesthesia I

45. Is there a standard ventilation mode during / after weaning from cardiopulmonary bypass?

☒ Yes ☐ No ☐ No answer

Resume later

<< Previous Next >>

[Exit and clear survey]

Anesthesia I

0% ☐ 100%

Anesthesia I

45.1 If YES: Which standard ventilation mode do you use?

► Please choose only one answer

☒ Pressure controlled ventilation (PCV)

☐ Volume controlled ventilation (VCV)

☐ Other standard ventilation mode (please specify in the following window)

☐ No answer

Resume later

<< Previous Next >>

[Exit and clear survey]

Anesthesia I

0% ☐ 100%

Anesthesia I

45.2 Standard ventilation mode during / after weaning from cardiopulmonary bypass in the setting of pulmonary endarterectomy (PEA)

► Please use whole numbers only

► The maximum number of digits allowed is 5

Ventilation rate [ $\text{min}^{-1}$ ]

Pressure level above PEEP (only PCV); [mbar]

Tidal volume (only VCV); [ml/kg]

Fixed tidal volume [ml]

Positive end-expiratory pressure (PEEP); [mbar]

Inspiratory to expiratory ratio (e.g. 1:2)

Pressure increase time (only PCV); [%]

Resume later

<< Previous Next >>

[Exit and clear survey]

**Anesthesia I**

0% ☐ 100%

Anesthesia I

The following questions (46 - 50) refer to fluid therapy and coagulation management after cardiopulmonary bypass in the setting of pulmonary endarterectomy (PEA):

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

0% ☐ 100%

Anesthesia I

46. In patients undergoing pulmonary endarterectomy (PEA), do you routinely administer allogenic blood products or coagulation factors after cardiopulmonary bypass?

☒ Yes ☐ No ☐ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

0% ☐ 100%

Anesthesia I

46.1 If YES: Which allogenic blood products or coagulation factors would you routinely administer?

► Please mark each option preferably with either 'YES' or 'NO'

► Multiple answers with 'YES' are possible

	Yes	No	No answer
Packed red blood cells (PRBC)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fresh frozen plasma (FFP)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Platelet concentrates	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cryoprecipitate (PCC)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
AT III concentrates	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fibrinogen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Recombinant factor VIIa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Other blood products or coagulation factors (please specify in the following window)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

0% ☐ 100%

Anesthesia I

47. After cardiopulmonary bypass, do your patients routinely receive more than 300 ml of residual cardiopulmonary bypass circuit blood?

☒ Yes ☐ No ☐ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

0% ☐ 100%

Anesthesia I

48. What is your target activated clotting time (ACT) after heparin neutralization by protamine (please enter)?

► The maximum number of digits allowed is 3

seconds

Only numbers may be entered in this field

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

0% ☐ 100%

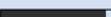
Anesthesia I

49. After cardiopulmonary bypass, is DDAVP / desmopressin acetate routinely administered as an adjunct to coagulation therapy?

☒ Yes ☐ No ☐ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

0%  100%

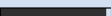
Anesthesia I

50. After cardiopulmonary bypass, do you routinely try to achieve a negative fluid balance?

☒ Yes ☐ No ☐ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

0%  100%

Anesthesia I

50.1 If YES: How would you achieve a negative fluid balance?

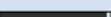
► Please mark each option preferably with either 'YES' or 'NO'

► Multiple answers with 'YES' are possible

	Yes	No	No answer
Forced diuresis	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Blood-letting	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Other measures (please specify in the following window)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

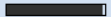
0%  100%

Anesthesia I

The following questions (51 - 53) relate to patient and data management for pulmonary endarterectomy (PEA):

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

0%  100%

Anesthesia I

51. Do written SOPs (standard operating procedures) exist for the following procedures at your institution?


► Please mark each option preferably with either 'YES' or 'NO'

► Multiple answers with 'YES' are possible

	Yes	No	No answer
Antifibrinolytic therapy	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Anticoagulant therapy in patients with heparin-induced thrombocytopenia (HIT) type II	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Cardiac output measurement	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Systematic assessment of right heart function by transesophageal echocardiography (TEE/TOE)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Neuromonitoring	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Neuroprotection	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Organ protection / kidney protection	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Weaning from cardiopulmonary bypass	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Use of a left atrial catheter (for invasive pressure measurement or administration of catecholamines)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Vasopressor therapy / inotropic support post-cardiopulmonary bypass	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Pacemaker therapy post-cardiopulmonary bypass	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Pulmonary vasodilator therapy post-cardiopulmonary bypass	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Therapy of right heart failure post-cardiopulmonary bypass	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Mechanical ventilation post-cardiopulmonary bypass	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Coagulation therapy post-cardiopulmonary bypass	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Hemotherapy post-cardiopulmonary bypass	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Pulmonary bleeding post-cardiopulmonary bypass	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

0%  100%

**Anesthesia I**

52. Do you systematically collect data for the following areas (e.g. in a database including patient data management systems)?


► Please mark each option preferably with either 'YES' or 'NO'

► Multiple answers with 'YES' are possible

	Yes	No	No answer
Antifibrinolytic therapy	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Anticoagulant therapy in patients with heparin-induced thrombocytopenia (HIT) type II	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cardiac output measurement	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Systematic assessment of right heart function by transesophageal echocardiography (TEE/TOE)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Neuromonitoring	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Neuroprotection	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Organ protection / kidney protection	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Weaning from cardiopulmonary bypass	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vasopressor therapy / Inotropic support post-cardiopulmonary bypass	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pacemaker therapy post-cardiopulmonary bypass	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pulmonary vasodilator therapy post-cardiopulmonary bypass	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Therapy of right heart failure post-cardiopulmonary bypass	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mechanical ventilation post-cardiopulmonary bypass	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Coagulation therapy post-cardiopulmonary bypass	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Haemotherapy post-cardiopulmonary bypass	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pulmonary bleeding post-cardiopulmonary bypass	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia I**

0%  100%

**Anesthesia I**

53. Where do you think further research is needed to improve anesthetic management of pulmonary endarterectomy (PEA)?

► Please mark each option preferably with either 'YES' or 'NO'


► Multiple answers with 'YES' are possible

	Yes	No	No answer
Antifibrinolytic therapy	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Anticoagulant therapy in patients with heparin-induced thrombocytopenia (HIT) type II	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cardiac output measurement	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Systematic assessment of right heart function by transesophageal echocardiography (TEE/TOE)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Neuromonitoring	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Neuroprotection	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Organ protection / kidney protection	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Weaning from cardiopulmonary bypass	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Use of a left atrial catheter (for invasive pressure measurement or administration of catecholamines)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vasopressor therapy / Inotropic support post-cardiopulmonary bypass	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pacemaker therapy post-cardiopulmonary bypass	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pulmonary vasodilator therapy post-cardiopulmonary bypass	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Therapy of right heart failure post-cardiopulmonary bypass	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mechanical ventilation post-cardiopulmonary bypass	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Coagulation therapy post-cardiopulmonary bypass	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Haemotherapy post-cardiopulmonary bypass	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pulmonary bleeding post-cardiopulmonary bypass	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

## 9.5 Anästhesie II-Fragebogen

**Anesthesia II**

0%  100%


**Anesthesia II**

1. Have you ever performed pulmonary endarterectomy (PEA) on patients with heparin induced thrombopenia (HIT Type II) at your institution?

☐ Yes ☐ No ☒ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia II**

0%  100%

Anesthesia II

**1.1 If `YES` : Which anticoagulation medication was chosen for CPB (cardiopulmonary bypass)?**


► Please mark each option preferably with either `YES` or `NO`

► Multiple answers of `YES` possible

	Yes	No	No answer
Bivalirudin	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Danaparoid	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Lepirudin	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Unfractionated Heparin (UFH) only	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Unfractionated Heparin (UFH) + Epoprostenol	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Unfractionated Heparin (UFH) + Iloprost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Unfractionated Heparin (UFH) + Tirofiban	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Other medication (please specify in the following window)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia II**

0%  100%

Anesthesia II

**1.1 If `NO` : Which anticoagulation medication would you choose for CPB (cardiopulmonary bypass)?**

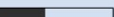
► Please mark each option preferably with either `YES` or `NO`

► Multiple answers of `YES` possible

	Yes	No	No answer
Bivalirudin	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Danaparoid	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Lepirudin	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Unfractionated Heparin (UFH) only	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Unfractionated Heparin (UFH) + Epoprostenol	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Unfractionated Heparin (UFH) + Iloprost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Unfractionated Heparin (UFH) + Tirofiban	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Other medication (please specify in the following window)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia II**

0%  100%

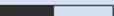
Anesthesia II

**2. In patients undergoing pulmonary endarterectomy (PEA), is there any experience at your institution with severe pulmonary bleeding after cardiopulmonary bypass (CPB)?**

☐ Yes ☐ No ☒ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Anesthesia II**

0%  100%

Anesthesia II

**2.1 If YES: How do you treat severe pulmonary bleeding?**

► Please mark each option preferably with either `YES` or `NO`

► Multiple answers of `YES` possible

	Yes	No	No answer
Bronchoscopy	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Bronchial blocker	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Double lumen endotracheal tube (DLT)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Local application of vasoconstrictors	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Other measures (please specify in the following window)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)



**Anesthesia II**

0%  100%

Anesthesia II

2.1 If there is no practical experience at your institution with severe pulmonary bleeding in pulmonary endarterectomy (PEA): Which treatment would you use for this emergency?

► Please mark each option preferably with either `YES` or `NO`

► Multiple answers of `YES` possible

	Yes	No	No answer
Bronchoscopy	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Bronchial blocker	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Double lumen endotracheal tube (DLT)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Local application of vasopressors	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Other measures (please specify in the following window)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Resume later    << Previous    Next >>    [Exit and clear survey]

## 9.6 Intensiv I-Fragebogen

**Postoperative Intensive Care I**

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

The following question (1) refers to the patient's length of stay at the Intensive Care Unit (ICU) after pulmonary endarterectomy (PEA):

Resume later    << Previous    Next >>    [Exit and clear survey]

**Postoperative Intensive Care I**

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

1. Is there a guideline at your institution regarding the scheduled length of stay in the Intensive Care Unit (ICU, not Intermediate Care Unit, not Recovery Unit)?

☒ Yes    ☐ No    ☐ No answer

Resume later    << Previous    Next >>    [Exit and clear survey]

**Postoperative Intensive Care I**

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

1.1 What is the scheduled length of stay in hours (please enter in the field below)?

► Please use whole numbers only

► The maximum number of digits allowed is 3

hours

Only numbers may be entered in this field

Resume later    << Previous    Next >>    [Exit and clear survey]

**Postoperative Intensive Care I**

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

The following questions (2 - 8) refer to the routine investigations in the Intensive Care Unit after pulmonary endarterectomy (PEA):

Resume later    << Previous    Next >>    [Exit and clear survey]

Postoperative Intensive Care I

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

2. Are there guidelines in your department for how often a standard chest X-ray should be taken during the first 24 hours following surgery?

☐ Yes
☐ No
☒ No answer

Resume later

<< Previous

Next >>

[Exit and clear survey]

Postoperative Intensive Care I

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

2.1 How often should a chest X-ray be taken during the first 24 hours following surgery?

► The maximum number of digits allowed is 1

chest X-ray(s)

Only numbers may be entered in this field

Resume later

<< Previous

Next >>

[Exit and clear survey]

Postoperative Intensive Care I

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

3. Following pulmonary endarterectomy (PEA), is standard transesophageal echocardiography (TEE) performed within the first 24 hours postoperatively in the Intensive Care Unit (ICU)?

☐ Yes
☐ No
☒ No answer

Resume later

<< Previous

Next >>

[Exit and clear survey]

Postoperative Intensive Care I

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

4. Following pulmonary endarterectomy (PEA), is standard transthoracic echocardiography (TTE) performed within the first 24 hours postoperatively in the Intensive Care Unit (ICU)?

☐ Yes
☐ No
☒ No answer

Resume later

<< Previous

Next >>

[Exit and clear survey]

Postoperative Intensive Care I

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

5. Following pulmonary endarterectomy (PEA), is standard cardiac output measurement regularly performed (e.g. hourly) within the first 24 hours postoperatively in the Intensive Care Unit (ICU)?

☐ Yes
☐ No
☒ No answer

Resume later

<< Previous

Next >>

[Exit and clear survey]

### Postoperative Intensive Care I

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

**6. Which methods for measuring cardiac output do you use in the Intensive Care Unit (ICU)?**

► Please mark each option preferably with either `YES` or `NO`

► Multiple answers with `YES` are possible

	Yes	No	No answer
Pulmonary artery catheter: Right heart thermodilution (bolus method)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Pulmonary artery catheter: continuous cardiac output (CCO)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Pulmonary artery catheter: right ventricular ejection fraction (RVEF) catheter	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Transpulmonary thermodilution (PiCCO®, LiDCO®)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Arterial pressure-based cardiac output (FloTrac®)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Transesophageal echocardiography	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Other measurements (please specify in the following window)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

### Postoperative Intensive Care I

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

**7. Is standard bronchoscopy performed in the Intensive Care Unit (ICU) within the first 24 hours postoperatively following pulmonary endarterectomy (PEA)?**

☐ Yes ☐ No ☒ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

### Postoperative Intensive Care I

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

**8. How many blood gas analyses are usually performed within the first 24 hours postoperatively?**

► The maximum number of digits allowed is 2

blood gas analyses

Only numbers may be entered in this field

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

### Postoperative Intensive Care I

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

The following questions (9 - 19) refer to respiratory care at the Intensive Care Unit (ICU) after pulmonary endarterectomy (PEA):

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

### Postoperative Intensive Care I

0%  100%


Postoperative Intensive Care I

**9. Is there a standard duration of mechanical ventilation after pulmonary endarterectomy (PEA) at your institution?**

☐ Yes ☐ No ☒ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

Postoperative Intensive Care I

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

9.1 For how many hours do the patients remain ventilated as routine (time from end of surgery until extubation)?

► Please use whole numbers only

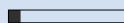
► The maximum number of digits allowed is 2

hours

Only numbers may be entered in this field

Resume later << Previous Next >> [Exit and clear survey]

Postoperative Intensive Care I

0%  100%


Postoperative Intensive Care I

10. Following pulmonary endarterectomy (PEA), is postoperative disconnection of the endotracheal tube from the breathing circuit avoided over a certain period of time?

☐ Yes ☐ No ☒ No answer

Resume later << Previous Next >> [Exit and clear survey]

Postoperative Intensive Care I

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

10.1 If YES: For how many hours postoperatively is disconnection of the endotracheal tube usually avoided?

► Please use whole numbers only

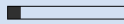
► The maximum number of digits allowed is 2

hours

Only numbers may be entered in this field

Resume later << Previous Next >> [Exit and clear survey]

Postoperative Intensive Care I

0%  100%


Postoperative Intensive Care I

11. Is there a standard initial ventilator setting following pulmonary endarterectomy (PEA) in your Intensive Care Unit (ICU)?

☐ Yes ☐ No ☒ No answer

Resume later << Previous Next >> [Exit and clear survey]

Postoperative Intensive Care I

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

11.1 Which of the following ventilatory modes do you choose?

► Please choose only one option

☐ Pressure controlled ventilation (PCV, including SIMV-PCV)

☐ Volume controlled ventilation (VCV, including SIMV-VCV)

☐ Pressure-regulated volume controlled ventilation (PR-VCV)

☐ IPPV-BIPAP

☐ SIMV-BIPAP

☐ Genuine Bilevel Positive Airway Pressure Ventilation (BIPAP)

☐ Airway Pressure Release Ventilation (APRV)

☐ Assisted spontaneous breathing (ASB)

☐ Continuous positive airway pressure (CPAP)

☐ Other ventilatory modes (please specify in the following window)

☒ No answer

Resume later << Previous Next >> [Exit and clear survey]

Postoperative Intensive Care I

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

**11.2 If a standard ventilator setting is chosen in the Intensive Care Unit (ICU) after pulmonary endarterectomy (PEA), please specify here (for BIPAP / APRV, please see question 11.3):**

► Please use whole numbers only

► The maximum number of digits allowed is 5

Ventilation rate [ $\text{min}^{-1}$ ]

Pressure level above PEEP (PCV);[mbar]

(Aspired) Tidal volume (PCV and VCV);[ml/kg]

Alternatively: fixed tidal volume [ml]

Positive end-expiratory pressure (PEEP);[mbar]

Inspiratory to expiratory ratio (I:E; e.g. 1 : 2)

Pressure increase time (only PCV);[%]

Pressure support [mbar]

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

Postoperative Intensive Care I

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

**11.3 ATTENTION!**

► Please only answer the following 4 options if BIPAP or APRV is used

► Please use whole numbers only

► The maximum number of digits allowed is 2

P high [mbar]

P low [mbar]

T high [s]

T low [s]

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

Postoperative Intensive Care I

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

**12. Do you regularly conduct recruitment manoeuvres at your hospital following pulmonary endarterectomy (PEA)?**

☐ Yes ☐ No ☒ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

Postoperative Intensive Care I

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

**13. Is a weaning protocol used following pulmonary endarterectomy (PEA) at your hospital as routine?**

☐ Yes ☐ No ☒ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

Postoperative Intensive Care I

0%  100%


Postoperative Intensive Care I

**14. In your Intensive Care Unit (ICU), do you use a guideline that specifies an oxygenation index ( $\text{p}_a\text{O}_2/\text{F}_i\text{O}_2$ ) which allows extubation to be considered following pulmonary endarterectomy (PEA)?**

☐ Yes ☐ No ☒ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Postoperative Intensive Care I**

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

**14.1 If YES: From which oxygenation index on ( $p_aO_2/F_iO_2$ ) do you consider extubation?**

► Please use whole numbers only


► The maximum number of digits allowed is 4

mmHg

Only numbers may be entered in this field

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Postoperative Intensive Care I**

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

**15. What are the most important causes for a delayed extubation according to your assessment?**

► Definition of "delayed extubation": Extubation > 48 h after end of surgery or standard duration of mechanical ventilation exceeded by 100%

► Please mark two options maximum

☐ ALI (acute lung injury) / ARDS (adult respiratory distress syndrome)

☐ Confusional state / delirium

☐ Infection / sepsis

☐ Major neurological deficit


☐ Reperfusion pulmonary edema

☐ Secondary hemorrhage

☐ Other causes (please specify in the following window)

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Postoperative Intensive Care I**

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

**16. How do you treat respiratory failure (acute lung injury / ALI, adult respiratory distress syndrome / ARDS)?**

► Please mark each option preferably with either "YES" or "NO"

► Multiple answers with "YES" are possible

	Yes	No	No answer
Prone position	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Continuous lateral rotation therapy (CLRT)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Lateral position	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Lung protective ventilation (VT 6-8 ml/kg KG)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Positive end-expiratory pressure (PEEP) > 10 mbar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Lung recruitment manoeuvre	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Inverse ratio ventilation (IRV)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Biphasic positive airway pressure ventilation (BiPAP, BiPhase, BiLevel, BiVent)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Airway pressure release ventilation (APRV)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Immunonutrition (please specify in the following window)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Corticosteroids	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Antioxidative therapy (please specify in the following window)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Postoperative Intensive Care I

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

17. How do you treat severe reperfusion pulmonary edema?

► Please mark each option preferably with either `YES` or `NO`

► Multiple answers with `YES` are possible

	Yes	No	No answer
Inhaled Iloprost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
iNO	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Corticosteroids	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Lung protective ventilation (VT 6-8 ml/kg KG)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Positive end-expiratory pressure (PEEP) > 10mbar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Recruitment maneuver	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Selectin analog (Cylexin)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) in refractory hypoxemia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Forced diuresis	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Other treatment (please specify in the following window)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Resume later

<< Previous

Next >>

[Exit and clear survey]

Postoperative Intensive Care I

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

18. Which interventions would you carry out in case of bleeding through the endotracheal tube?

► Multiple answers are possible

☐ Bronchoscopy
☐ Bronchus blocker
☐ Double lumen endotracheal tube (DLT)
☐ Local application of vasopressors
☐ Immediate surgical revision without further action
☐ Other treatment (please specify in the following window)

Resume later

<< Previous

Next >>

[Exit and clear survey]

Postoperative Intensive Care I

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

19. Does non-invasive ventilation (NIV / CPAP) post extubation play a role in your Intensive Care Unit (ICU) following pulmonary endarterectomy (PEA)?

► Please choose only one option

☐ No significance at all
☐ Standard procedure after extubation
☐ After extubation if gas exchange becomes worse
☐ Other significance (please specify in the following window)

Resume later

<< Previous

Next >>

[Exit and clear survey]

Postoperative Intensive Care I

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

The following questions (20 - 24) refer to analgesedation & medication therapy at the Intensive Care Unit (ICU) after pulmonary endarterectomy (PEA):

Resume later

<< Previous

Next >>

[Exit and clear survey]

Postoperative Intensive Care I

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

**20. Which standard medication do you use for analgosedation in the Intensive Care Unit (ICU) after pulmonary endarterectomy (PEA)?**

► Please mark each option preferably with either `YES` or `NO`

► Multiple answers with `YES` are possible

	Yes	No	No answer
Morphine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Fentanyl	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Sufentanil	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Remifentanyl	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Piritramide	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Pethidin (Meperidine)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Diazepam	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Midazolam	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Lorazepam	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Propofol	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Ketamine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Clonidine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Desmedetomidine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Postoperative Intensive Care I

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

**21. Which level of sedation do you aim for during mechanical ventilation within the first 12 hours following pulmonary endarterectomy (PEA)?**

► Please choose only one answer

☐ Ramsay 1 (patient is anxious and agitated or restless or both)

☐ Ramsay 2 (patient is co-operative, oriented and tranquil)

☐ Ramsay 3 (patient responds to commands only)

☐ Ramsay 4 (patient exhibits brisk response to light glabellar tap or loud auditory stimulus)

☐ Ramsay 5 (patient exhibits sluggish response to light glabellar tap or loud auditory stimulus)

☐ Ramsay 6 (patient exhibits no response)

Resume later

<< Previous

Next >>

[Exit and clear survey]

Postoperative Intensive Care I

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

**22. If analgosedation is necessary for more than 24 hours after pulmonary endarterectomy (PEA): Do you conduct a daily sedation break for neurological assessment?**

☐ Yes ☐ No ☒ No answer

Resume later

<< Previous

Next >>

[Exit and clear survey]

Postoperative Intensive Care I

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

**23. Is a perioperative antibiotic prophylaxis carried out postoperatively?**

☐ Yes ☐ No ☒ No answer

Resume later


<< Previous

Next >>

[Exit and clear survey]



**Postoperative Intensive Care I**

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

**23.1 For how long is antibiotic prophylaxis continued following pulmonary endarterectomy (PEA)?**


► *The maximum number of digits allowed is 2*

days

Only numbers may be entered in this field

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Postoperative Intensive Care I**

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

**24. Which medication is given for treatment of confusional state following pulmonary endarterectomy (PEA)?**

► *Multiple answers possible*

☐ Promethazine

☐ Lorazepam

☐ Midazolam

☐ Haloperidol


☐ Olanzapine

☐ Risperidone

☐ Other medication (please specify in the following window)

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Postoperative Intensive Care I**


0%  100%

Postoperative Intensive Care I

**The following questions (25 - 32) refer to fluid therapy / volume replacement / hemotherapy at the Intensive Care Unit (ICU) after pulmonary endarterectomy (PEA):**

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Postoperative Intensive Care I**

0%  100%

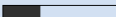
Postoperative Intensive Care I

**25. Is there a guideline in your Intensive Care Unit (ICU) for fluid balance following pulmonary endarterectomy (PEA)?**

☐ Yes ☐ No ☒ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Postoperative Intensive Care I**

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

**25.1 What fluid balance do you aim for in patients during the first 24 hours after surgery?**

► *Please choose only one answer*

☐ Clearly positive (> +2.500 ml)

☐ Moderately positive (> +1.000 to +2.500ml)


☐ Balanced (+/- 1.000ml)

☐ Moderately negative (> -1.000 to -2.500ml)

☐ Clearly negative (> -2.500ml)

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Postoperative Intensive Care I**

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

**26. Which of the following diuretics do you use routinely?**

► *Please choose no more than two options*

☐ Loop diuretics (e.g. furosemid)

☐ Osmotic diuretics (e.g. mannitol)


☐ Both loop and osmotic diuretics

☐ Other diuretics (please specify in the following window)

☐ No diuretics at all

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Postoperative Intensive Care I**

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

**27. Which infusion solutions do you use after pulmonary endarterectomy (PEA)?**


► *Please mark each option preferably with either 'YES' or 'NO'*

► *Multiple answers with 'YES' are possible*

	Yes	No	No answer
Crystalloids	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Hetastarch	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Gelatine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Dextran	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Albumin	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Other infusion solutions (please specify in the following window)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Postoperative Intensive Care I**

0%  100%


Postoperative Intensive Care I

**28. Is there a lowest hemoglobin / hematocrit threshold in your hospital for transfusing packed red blood cells following pulmonary endarterectomy (PEA)?**

☐ Yes ☐ No ☒ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Postoperative Intensive Care I**

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

**28.1 At which hemoglobin / hematocrit threshold are packed red blood cells transfused following pulmonary endarterectomy (PEA)?**

► *Please enter your value into the appropriate line below (Hb (mmol/l) or Hb (g/dl) or Hct (%))*

► *Only one decimal place is allowed*

► *Please use no more than 2 digits before the decimal point / decimal comma*


Hb (mmol/l)

Hb (g/dl)

Hct (%)

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Postoperative Intensive Care I**

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

**29. Following pulmonary endarterectomy (PEA), do your patients regularly receive more than 300 ml of autologous CPB blood retransfusions in your Intensive Care Unit (ICU)?**

☐ Yes ☐ No ☒ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

Postoperative Intensive Care I

0%  100%

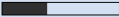
Postoperative Intensive Care I

30. Is there a lowest platelet count threshold at your hospital for transfusion of platelet concentrates following pulmonary endarterectomy (PEA)?

☐ Yes
 ☐ No
 ☒ No answer

[Resume later](#)
[<< Previous](#)
[Next >>](#)
[\[Exit and clear survey\]](#)

Postoperative Intensive Care I

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

30.1 What is the threshold for transfusion of platelet concentrates following pulmonary endarterectomy (PEA)?

► Please use whole numbers only  
 ► The maximum number of digits allowed is 3

[10^9/l] [Giga/l]  
Only numbers may be entered in this field

[Resume later](#)
[<< Previous](#)
[Next >>](#)
[\[Exit and clear survey\]](#)

Postoperative Intensive Care I

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

31. Do you perform hemofiltration for negative fluid balancing following pulmonary endarterectomy (PEA) if otherwise not possible?

☐ Yes
 ☐ No
 ☒ No answer

[Resume later](#)
[<< Previous](#)
[Next >>](#)
[\[Exit and clear survey\]](#)

Postoperative Intensive Care I

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

32. If negative fluid balance is not achieved following pulmonary endarterectomy (PEA), do you perform blood-letting?

☐ Yes
 ☐ No
 ☒ No answer

[Resume later](#)
[<< Previous](#)
[Next >>](#)
[\[Exit and clear survey\]](#)

Postoperative Intensive Care I

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

The following questions (33 - 38) refer to coagulation management / thrombosis prophylaxis at the Intensive Care Unit (ICU) after pulmonary endarterectomy (PEA):

[Resume later](#)
[<< Previous](#)
[Next >>](#)
[\[Exit and clear survey\]](#)

Postoperative Intensive Care I

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

33. How many hours postoperatively following pulmonary endarterectomy (PEA) do you usually start anticoagulation?

► Please note: This does not mean therapy with vitamin K antagonists  
 ► Please use whole numbers only  
 ► The maximum number of digits allowed is 3

hours  
Only numbers may be entered in this field

[Resume later](#)
[<< Previous](#)
[Next >>](#)
[\[Exit and clear survey\]](#)

Postoperative Intensive Care I

0%  100%


Postoperative Intensive Care I

34. Which medication do you most frequently use for anticoagulation in your Intensive Care Unit (ICU) following pulmonary endarterectomy (PEA)?

► Please choose only one medication

☐ Unfractionated Heparin intravenously  
☐ Unfractionated Heparin subcutaneously  
☐ Low molecular weight Heparin subcutaneously  
☐ Other medication (please specify in the following window)

Postoperative Intensive Care I

0%  100%


Postoperative Intensive Care I

35. Do you use a standard protocol for anticoagulation in your Intensive Care Unit (ICU) following pulmonary endarterectomy (PEA)?

► Please note: This does not mean therapy with vitamin K antagonists

☐ Yes
 ☐ No
 ☒ No answer

Postoperative Intensive Care I

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

36. Following pulmonary endarterectomy (PEA), do you use an intermittent pneumatic compression device on the legs for thrombosis prophylaxis?

☐ Yes
 ☐ No
 ☒ No answer

Postoperative Intensive Care I


0%  100%

Postoperative Intensive Care I

37. Have you treated pulmonary endarterectomy (PEA) patients with HIT type II in your Intensive Care Unit (ICU)?

☐ Yes
 ☐ No
 ☒ No answer

Postoperative Intensive Care I

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

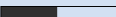
37.1 If YES: Which treatment do you usually use for anticoagulation in patients with HIT type II before switching to vitamin K antagonists?

► Please mark each option preferably with either `YES` or `NO`

► Multiple answers with `YES` are possible

	Yes	No	No answer
Argatroban	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Bivalirudin	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Danaparoid	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Desirudin	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Fondaparinux	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Lepirudin	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Other medication (please specify in the following window)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

**Postoperative Intensive Care I**

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

**38.1 If YES: Which anti-fibrinolytic agents do you choose as routine?**


► Please mark each option preferably with either `YES` or `NO`

► Multiple answers with `YES` are possible

	Yes	No	No answer
Epsilon aminocaproic acid	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Aprotinin	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Tranexamic acid	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Postoperative Intensive Care I**


0%  100%

Postoperative Intensive Care I

The following questions (39 - 46) refer to hemodynamics at the Intensive Care Unit (ICU) after pulmonary endarterectomy (PEA):

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Postoperative Intensive Care I**

0%  100%


Postoperative Intensive Care I

**39. If a temporary cardiac pacemaker treatment is necessary for bradycardia: Is there a rate at which you set the pacemaker?**

☐ Yes ☐ No ☒ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Postoperative Intensive Care I**

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

**39.1 At which rate do you set the pacemaker?**


► The maximum number of digits allowed is 3

bpm

Only numbers may be entered in this field

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Postoperative Intensive Care I**

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

**40. Is there a guideline in the Intensive Care Unit (ICU) for the first postoperative 12 hours following pulmonary endarterectomy (PEA) regarding treatment with vasopressors / inotropes?**

☐ Yes ☐ No ☒ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

Postoperative Intensive Care I

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

40.1 Which vasopressors / inotropes do you routinely use?  
► Please mark each option preferably with either `YES` or `NO`  
► Multiple answers with `YES` are possible

	Yes	No	No answer
Epinephrine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Norepinephrine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Isoproterenol	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Phenylephrine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Ephedrine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Milrinone	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Amrinone	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Enoximone	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Dopamine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Dobutamine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Dopexamine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Vasopressin	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Other vasopressors / inotropes (please specify in the following window)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Postoperative Intensive Care I

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

41. Which route of administration is used for standard treatment with vasopressors / inotropes during the first postoperative 12 hours following pulmonary endarterectomy (PEA)?  
► Please mark each option preferably with either `YES` or `NO`  
► Multiple answers with `YES` are possible

	Yes	No	No answer
Left atrial catheter	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Central venous catheter	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Postoperative Intensive Care I

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

42. During the first 12 hours postoperatively, is the relation of the cardiac index (CI) to its preoperative basic value of significance to you?  
☐ Yes ☐ No ☒ No answer

Postoperative Intensive Care I

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

42.1 What cardiac index (CI) do you aim for during the first 12 hours postoperatively?  
► Please choose only one answer

☐ Postoperative cardiac index = preoperative cardiac index  
☐ Postoperative cardiac index up to 20% higher than preoperative cardiac index  
☐ Postoperative cardiac index >20% to 50% higher than preoperative cardiac index  
☐ Postoperative cardiac index >50% higher than preoperative cardiac index  
☐ Postoperative cardiac index up to 20% lower than preoperative cardiac index  
☐ Other cardiac index (please specify in the following window)

Postoperative Intensive Care I

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

43. Which hemodynamic criteria does your therapy focus on during the first postoperative 12 hours?  
► Please choose three answers maximum

☐ Central venous oxygen saturation  
☐ Cardiac index  
☐ Systolic arterial blood pressure  
☐ Mean arterial blood pressure  
☐ Diastolic arterial blood pressure  
☐ Systolic pulmonary arterial blood pressure  
☐ Mean pulmonary arterial blood pressure  
☐ Diastolic pulmonary arterial blood pressure  
☐ Other criteria (please specify in the following window)

Resume later
<< Previous
Next >>
[Exit and clear survey]

Postoperative Intensive Care I

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

44. Which of the mentioned specific therapies do you carry out preferably in your Intensive Care Unit (ICU) for the treatment of increased pulmonary arterial blood pressure (PAP)?  
► Please mark each option preferably with 'YES' or 'NO'  
► Multiple answers with 'YES' are possible  
► Please specify your answers in the following windows

	Yes	No	No answer
Inhaled Epoprostenol	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Inhaled Iloprost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Inhaled Milrinone	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Inhaled Nitroglycerine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Inhaled NO	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Inhaled Sildenafil	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Inhaled Treprostinil	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Intravenous (i.v.) Alprostadil	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Intravenous (i.v.) Calcium Antagonists	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Intravenous (i.v.) Citrulline	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Intravenous (i.v.) Epoprostenol	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Intravenous (i.v.) Citrulline	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Intravenous (i.v.) Epoprostenol	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Intravenous (i.v.) Iloprost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Intravenous (i.v.) Isoproterenol	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Intravenous (i.v.) Milrinone (bolus)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Intravenous (i.v.) Milrinone (continuous infusion)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Intravenous (i.v.) Nesiritide (bolus)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Intravenous (i.v.) Nesiritide (continuous infusion)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Intravenous (i.v.) Nitroglycerine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Intravenous (i.v.) Phentolamine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Intravenous (i.v.) Sildenafil	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Intravenous (i.v.) Sodium Nitroprusside	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Intravenous (i.v.) Tolazoline	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Intravenous (i.v.) Vasopressin	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Oral Bosentan	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Oral Sildenafil	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Oral Vardenafil	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Other treatments	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Resume later
<< Previous
Next >>
[Exit and clear survey]

Postoperative Intensive Care I

0% ☐ 100%

Postoperative Intensive Care I

45. What additional treatment do you use for right heart failure?  
▶ Please mark each option preferably with either 'YES' or 'NO'  
▶ Multiple answers with 'YES' are possible

	Yes	No	No answer
Dobutamine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Dopamine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Suprarenine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Milrinone	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Amrinone	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Enoximone	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Norepinephrine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Vasopressin	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Right heart assist device	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Pulmonary artery balloon counterpulsation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Intra-aortic balloon pump (IABP)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Other treatments (please specify in the following window)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Postoperative Intensive Care I

0% ☐ 100%

Postoperative Intensive Care I

46. Which therapeutic measures except electrolyte substitution would you carry out if atrial fibrillation occurred during the first 12 hours postoperatively?  
▶ Please mark each option preferably with either 'YES' or 'NO'  
▶ Multiple answers with 'YES' are possible

	Yes	No	No answer
Electrical cardioversion	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Amiodarone	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Beta blocker	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Calcium antagonists	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Digitalis glycosides	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Other treatments (please specify in the following window)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Postoperative Intensive Care I

0% ☐ 100%

Postoperative Intensive Care I

The following questions (47 - 48) refer to the removal of drains / catheters at the Intensive Care Unit (ICU) after pulmonary endarterectomy (PEA):

Postoperative Intensive Care I

0% ☐ 100%

Postoperative Intensive Care I

47. After how many postoperative hours are the pericardial and retrosternal drains usually removed (provided there is no secondary hemorrhage)?  
▶ Please use whole numbers only  
▶ The maximum number of digits allowed is 3

after  hours  
Only numbers may be entered in this field



**Postoperative Intensive Care I**

0% ☐ 100%

Postoperative Intensive Care I

**48. After how many post-operative hours is the left atrial catheter usually removed?**

☐ Indication possible (please specify in the following window)  
☐ Left atrial catheters are not used  
☒ No answer

**Postoperative Intensive Care I**

0% ☐ 100%

Postoperative Intensive Care I

**Removal of left atrial catheter**

► Please indicate as precisely as possible  
 ► Please use whole numbers only  
 ► The maximum number of digits allowed is 3

after  hours

*Only numbers may be entered in this field*

**Postoperative Intensive Care I**

0% ☐ 100%

Postoperative Intensive Care I

**The following questions (49 - 52) refer to the patient and data management at the Intensive Care Unit (ICU) after pulmonary endarterectomy (PEA):**

**Postoperative Intensive Care I**

0% ☐ 100%

Postoperative Intensive Care I

**49. Which medical specialties are mainly involved in intensive care treatment following pulmonary endarterectomy (PEA) at your hospital?**

► Multiple answers are possible

☐ Anesthesia  
☐ Cardiac surgery  
☐ Intensive care medicine  
☐ Internal medicine  
☐ Thoracic surgery  
☐ Other medical specialties (please specify in the following window)

Postoperative Intensive Care I

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

50. Which of the following areas of postoperative care after pulmonary endarterectomy (PEA) in your department are covered by SOPs (standard operating procedures)?

► Please mark each option preferably with either `YES` or `NO`

► Multiple answers with `YES` are possible

	Yes	No	No answer
Length of stay	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Routine diagnostics / monitoring	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Ventilator therapy	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Analgo-sedation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Fluid therapy	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Transfusion therapy	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Anticoagulation / thrombosis prophylaxis	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Hemodynamic therapy	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Removal of catheters and drainages	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Resume later

<< Previous

Next >>

[Exit and clear survey]

Postoperative Intensive Care I

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

51. For which of the following areas of postoperative care after pulmonary endarterectomy (PEA) is there a systematic data collection available at your hospital?

► Please mark each option preferably with either `YES` or `NO`

► Multiple answers with `YES` are possible

	Yes	No	No answer
Complications	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
In-hospital mortality	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Other areas (please specify in the following window)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Resume later

<< Previous

Next >>

[Exit and clear survey]

Postoperative Intensive Care I

0%  100%

Postoperative Intensive Care I

52. For which of the following areas of intensive care after pulmonary endarterectomy (PEA) do you consider further research efforts to be worthwhile?

► Please mark each option preferably with either `YES` or `NO`

► Multiple answers with `YES` are possible

	Yes	No	No answer
Anticoagulation / thrombosis prophylaxis	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Reperfusion pulmonary edema	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Treatment of pulmonary hypertension	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Ventilator therapy	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Other areas (please specify in the following window)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Resume later

<< Previous

Next >>

[Exit and clear survey]

## 9.7 Intensiv II-Fragebogen

Postoperative Intensive Care II

0%  100%

Postoperative Intensive Care II

1. How many patients have been treated following pulmonary endarterectomy (PEA) in your Intensive Care Unit (ICU) during the year 2009 (January 1 to December 31, 2009)?

► The maximum number of digits allowed is 3

patients

Only numbers may be entered in this field

Resume later << Previous Next >> [Exit and clear survey]

Postoperative Intensive Care II

0%  100%

Postoperative Intensive Care II

2. Please give some information about the patients' actual length of stay at the Intensive Care Unit (ICU, not Intermediate Care Unit, not Recovery Unit)!

► Please advert your data to the year 2009 (January 1 to December 31, 2009)

► Only one decimal place is allowed

► Please use no more than 4 digits before the decimal point / decimal comma

Minimum	<input type="text"/> hours
1 <sup>st</sup> Quartile	<input type="text"/> hours
Median	<input type="text"/> hours
3 <sup>rd</sup> Quartile	<input type="text"/> hours
Maximum	<input type="text"/> hours
Arithmetic mean	<input type="text"/> hours
Standard deviation (+/-)	<input type="text"/> hours

Resume later << Previous Next >> [Exit and clear survey]

Postoperative Intensive Care II

0%  100%

Postoperative Intensive Care II

3. Please indicate for how many hours the patients actually remain intubated following pulmonary endarterectomy (PEA) at your institution (time from end of surgery until extubation)!

► Please advert your data to the year 2009 (January 1 to December 31, 2009)

► Only one decimal place is allowed

► Please use no more than 4 digits before the decimal point / decimal comma

Minimum	<input type="text"/> hours
1 <sup>st</sup> Quartile	<input type="text"/> hours
Median	<input type="text"/> hours
3 <sup>rd</sup> Quartile	<input type="text"/> hours
Maximum	<input type="text"/> hours
Arithmetic mean	<input type="text"/> hours
Standard deviation (+/-)	<input type="text"/> hours

Resume later << Previous Next >> [Exit and clear survey]

Postoperative Intensive Care II

0%  100%

Postoperative Intensive Care II

4. How many patients suffered major persisting neurological complications (e.g. stroke, persistent neurological deficit) following pulmonary endarterectomy (PEA) during the year 2009 (January 1 to December 31, 2009)?

► Please choose only one option

☐ Exact figure available (please specify in the following window)

☐ No exact figure available but estimation possible (please specify in the following window)

☐ Neither exact figure available nor estimation possible

Resume later << Previous Next >> [Exit and clear survey]

Postoperative Intensive Care II

0%  100%

Postoperative Intensive Care II

5. How many patients during the year 2009 (January 1 to December 31, 2009) developed a confusional state following pulmonary endarterectomy (PEA)?

► Please choose only one option

☐ Exact figure available (please specify in the following window)

☐ No exact figure available but estimation possible (please specify in the following window)

☐ Neither exact figure available nor estimation possible

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

Postoperative Intensive Care II

0%  100%

Postoperative Intensive Care II

6. How many patients during the year 2009 (January 1 to December 31, 2009) suffered ARDS (adult respiratory distress syndrome) following pulmonary endarterectomy (PEA)?

► Please choose only one option

☐ Exact figure available (please specify in the following window)

☐ No exact figure available but estimation possible (please specify in the following window)

☐ Neither exact figure available nor estimation possible

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

Postoperative Intensive Care II

0%  100%

Postoperative Intensive Care II

7. How many patients during the year 2009 (January 1 to December 31, 2009) developed a severe reperfusion pulmonary edema following pulmonary endarterectomy (PEA)?

► Please choose only one option

☐ Exact figure available (please specify in the following window)

☐ No exact figure available but estimation possible (please specify in the following window)

☐ Neither exact figure available nor estimation possible

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

Postoperative Intensive Care II

0%  100%

Postoperative Intensive Care II

8. How many patients during the year 2009 (January 1 to December 31, 2009) developed re-thrombosis of the pulmonary arteries during their stay on the Intensive Care Unit (ICU) following pulmonary endarterectomy (PEA)?

► Please choose only one option

☐ Exact figure available (please specify in the following window)

☐ No exact figure available but estimation possible (please specify in the following window)

☐ Neither exact figure available nor estimation possible

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

Postoperative Intensive Care II

0%  100%

Postoperative Intensive Care II

9. How many patients during the year 2009 (January 1 to December 31, 2009) suffered a severe secondary hemorrhage requiring a re-thoracotomy following pulmonary endarterectomy (PEA)?

► Please choose only one option

☐ Exact figure available (please specify in the following window)

☐ No exact figure available but estimation possible (please specify in the following window)

☐ Neither exact figure available nor estimation possible

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

Postoperative Intensive Care II

0% ☐ 100%

Postoperative Intensive Care II

10. Do you perform extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) for respiratory failure following pulmonary endarterectomy (PEA) at your hospital?

☐ Yes ☐ No ☒ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

Postoperative Intensive Care II

0% ☐ 100%

Postoperative Intensive Care II

10.1 If YES: How many patients have been treated in total with extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) following pulmonary endarterectomy (PEA) at your hospital?

► The maximum number of digits allowed is 3

patients

Only numbers may be entered in this field

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

Postoperative Intensive Care II

0% ☐ 100%

Postoperative Intensive Care II

10.2 If YES: Do you consider extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) a predominantly successful therapy if severe respiratory failure occurs following pulmonary endarterectomy (PEA)?

☐ Yes ☐ No ☒ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

Postoperative Intensive Care II

0% ☐ 100%

Postoperative Intensive Care II

11. Which of the following alternative strategies do you use for the management of respiratory failure following pulmonary endarterectomy (PEA) at your clinic?

► Multiple options are possible

► Please specify in the following window

☐ High-frequency oscillation ventilation

☐ Interventional lung assist

☐ Partial liquid ventilation

☐ Other alternative strategies (please specify in the following window)

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

Postoperative Intensive Care II

0% ☐ 100%

Postoperative Intensive Care II

11.1 Other alternative strategies: Please indicate the total number of patients which have been treated with this alternative strategy following pulmonary endarterectomy (PEA)!

► The maximum number of digits allowed is 3

patient(s)

Only numbers may be entered in this field

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

Postoperative Intensive Care II

0% ☐ 100%

Postoperative Intensive Care II

11.2 Other alternative strategies: Do you consider these alternative strategies predominantly successful therapies following pulmonary endarterectomy (PEA)?

☐ Yes ☐ No ☒ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Postoperative Intensive Care II**

0%  100%

Postoperative Intensive Care II

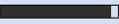
**12. Has recombinant factor VIIa been used for treating severe secondary hemorrhage following pulmonary endarterectomy (PEA) at your hospital?**

☐ Yes ☐ No ☒ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

---

**Postoperative Intensive Care II**

0%  100%

Postoperative Intensive Care II

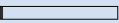
**12.1 If YES: Has there been a re-thrombosis of the pulmonary circulation afterwards?**

☐ Yes ☐ No ☒ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

## 9.8 Perfusion I-Fragebogen

**Conduct of Perfusion I**

0%  100%


Conduct of Perfusion I

The following questions (1 - 4) deal with the materials and types used for Cardiopulmonary Bypass (CPB) Circuit during pulmonary endarterectomy (PEA)

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

---

**Conduct of Perfusion I**

0%  100%

Conduct of Perfusion I

**1. Which type of pump do you regularly use?**

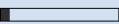
► Please choose only one option

☐ Centrifugal pump only  
☐ Roller pump only  
☐ Both centrifugal and roller pump (depending on situation)  
☒ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

---

**Conduct of Perfusion I**

0%  100%

Conduct of Perfusion I

**2. Do you use an open or a closed circuit?**

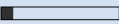
► Please choose only one option

☐ Open system with venous hard-shell reservoir  
☐ Closed system with venous bag  
☒ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

---

**Conduct of Perfusion I**

0%  100%


Conduct of Perfusion I

**3. Do you use a coated CPB circuit?**

☐ Yes ☐ No ☒ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Conduct of Perfusion I**

0%  100%

Conduct of Perfusion I


**3.1 If YES, which coating do you use?**

► *Please choose only one option*

☐ Active coating only (heparin)  
☐ Passive coating only (e.g. phospholipids)  
☐ Both active and passive coating (depending on situation)  
☒ No answer

[Resume later](#)
[<< Previous](#)
[Next >>](#)
[\[Exit and clear survey\]](#)

**Conduct of Perfusion I**

0%  100%

Conduct of Perfusion I

**4. Which of the following criteria influence your choice of CPB materials and types?**

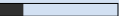
► *Please mark each option preferably with either YES or NO*

► *Multiple answers with YES are possible*

	Yes	No	No answer
Rate of hemolysis	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Deep hypothermia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Inflammatory reaction	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Duration of CPB	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Other criteria (please specify in the following window)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

[Resume later](#)
[<< Previous](#)
[Next >>](#)
[\[Exit and clear survey\]](#)

**Conduct of Perfusion I**

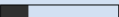
0%  100%

Conduct of Perfusion I

The following questions (5 - 6) deal with the fluid management / choice of priming fluid in pulmonary endarterectomy (PEA):

[Resume later](#)
[<< Previous](#)
[Next >>](#)
[\[Exit and clear survey\]](#)

**Conduct of Perfusion I**

0%  100%

Conduct of Perfusion I

**5. Please describe your priming protocol for pulmonary endarterectomy:**

► *Please mark each option preferably with either YES or NO*


► *Multiple answers with YES are possible*

► *If this protocol is different to your standard priming, please describe your standard protocol for other procedures in the following window*

	Yes	No	No answer
Crystalloid	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Crystalloid + colloids	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Crystalloid + osmotic components	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Crystalloid + colloids + osmotic components	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Other components (please specify in the following window)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

[Resume later](#)
[<< Previous](#)
[Next >>](#)
[\[Exit and clear survey\]](#)

**Conduct of Perfusion I**

0%  100%

Conduct of Perfusion I

**5.1 Please describe your standard protocol for other procedures if the protocol for pulmonary endarterectomy is different to your standard priming (otherwise leave the following questions blank):**


► Please mark each option preferably with either YES or NO

► Multiple answers with YES are possible

	Yes	No	No answer
Crystalloids	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Crystalloids + colloids	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Crystalloids + osmotic components	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Crystalloids + colloids + osmotic components	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Other components (please specify in the following window)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Conduct of Perfusion I**

0%  100%

Conduct of Perfusion I

**6. Do the following criteria influence your choice of priming fluid?**

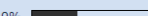
► Please mark each option preferably with either YES or NO

► Multiple answers with YES are possible

	Yes	No	No answer
Cerebral protection	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Protection of the pulmonary vascular bed	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Cellular homeostasis	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Other criteria (please specify in the following window)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Conduct of Perfusion I**

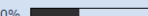
0%  100%

Conduct of Perfusion I

**The following questions (7 - 8) deal with the conduct of perfusion with regard to hypothermia in pulmonary endarterectomy (PEA):**

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Conduct of Perfusion I**

0%  100%

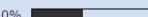
Conduct of Perfusion I

**7. Do you use deep hypothermia (28 - 18°C)?**

☐ Yes ☐ No ☒ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

**Conduct of Perfusion I**

0%  100%

Conduct of Perfusion I

**7.1 If you use deep hypothermia (28 - 18°C), please answer the following questions:**

Degree of hypothermia (°C)	<input type="text"/>
Point of reference (e.g. arterial blood temperature, bladder temperature)	<input type="text"/>
Cooling gradient (°C)	<input type="text"/>
Exact detail on the cooling gradient (between x and y)	<input type="text"/>
Rewarming gradient (°C)	<input type="text"/>
Exact detail on the rewarming gradient (between x and y)	<input type="text"/>

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)



Conduct of Perfusion I

0%  100%

Conduct of Perfusion I

7.2 If you use deep hypothermia (28 - 18°C), which of the following strategies do you use?

☐ Deep hypothermic circulatory arrest (DHCA)

☐ Deep hypothermia with low-flow perfusion

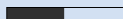
☐ Deep hypothermic circulatory arrest with selective antegrade cerebral perfusion

☐ Deep hypothermic circulatory arrest with selective retrograde cerebral perfusion

☒ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

Conduct of Perfusion I

0%  100%

Conduct of Perfusion I

7.2.1 Do you record the lowest venous saturation?

☐ Yes ☐ No ☒ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

Conduct of Perfusion I

0%  100%

Conduct of Perfusion I

7.2.2 Do you think the adequacy of the circulatory arrest should be assessed?

☐ Yes ☐ No ☒ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

Conduct of Perfusion I

0%  100%

Conduct of Perfusion I

7.2.3 Would these criteria influence your perfusion strategy after termination of deep hypothermic circulatory arrest?

☐ Yes ☐ No ☒ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

Conduct of Perfusion I

0%  100%

Conduct of Perfusion I

7.3 If you use deep hypothermia (28 - 18°C): Have you defined a maximum for the duration of deep hypothermic circulatory arrest for PEA at your institution?

☐ Yes ☐ No ☒ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

Conduct of Perfusion I

0%  100%

Conduct of Perfusion I

7.3.1 If YES, please specify the maximum time (confined to either left or right side):

► Please use whole numbers only

► The maximum number of digits allowed is 2

minutes

Only numbers may be entered in this field

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

Conduct of Perfusion I

0% ☐ 100%

Conduct of Perfusion I

8. Do you use vasodilating agents during cooling / rewarming?

☐ Yes ☐ No ☒ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

Conduct of Perfusion I

0% ☐ 100%

Conduct of Perfusion I

The following questions (9 - 10) deal with the acid base management in pulmonary endarterectomy (PEA)

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

Conduct of Perfusion I

0% ☐ 100%

Conduct of Perfusion I

9. Do you think that treatment of an abnormal acid base balance during hypothermia is of particular importance?

☐ Yes ☐ No ☒ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

Conduct of Perfusion I

0% ☐ 100%

Conduct of Perfusion I

9.1 If YES, please specify which approach you use:

► Please choose only one option

☐ alpha-stat management only  
☐ pH-stat management only  
☐ Combination of both (depending on the situation)  
☒ No answer

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

Conduct of Perfusion I

0% ☐ 100%

Conduct of Perfusion I

10. Do the following criteria influence your management of acid base abnormalities?

► Please mark each option preferably either with YES or NO

► Multiple answers with YES are possible

	Yes	No	No answer
Cerebral protection	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Cerebral perfusion	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Homogeneous cooling	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Cellular homoeostasis	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Other criteria (please specify in the following window)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

Conduct of Perfusion I

0% ☐ 100%

Conduct of Perfusion I

The following question (11) deals with the intraoperative hematocrit in pulmonary endarterectomy (PEA)

[Resume later](#) [<< Previous](#) [Next >>](#) [\[Exit and clear survey\]](#)

Conduct of Perfusion I

0% ☐ 100%

Conduct of Perfusion I

11. Is the intraoperative hematocrit / hemoglobin relevant for you?

☐ Yes
☐ No
☒ No answer

Resume later
<< Previous
Next >>
[Exit and clear survey]

Conduct of Perfusion I

0% ☐ 100%

Conduct of Perfusion I

11.2 What hematocrit / hemoglobin do you aim for during CPB?

▶ Please enter your value into the appropriate line below (Hb (mmol/l) or Hb (g/dl) or Hct (%))
  
▶ Only one decimal place is allowed
  
▶ Please use no more than 2 digits before the decimal point / decimal comma

Hb (mmol/l) 
  
Hb (g/dl) 
  
Hct (%)

Resume later
<< Previous
Next >>
[Exit and clear survey]

Conduct of Perfusion I

0% ☐ 100%

Conduct of Perfusion I

11.3 What hematocrit / hemoglobin do you aim for before weaning?

▶ Please enter your value into the appropriate line below (Hb (mmol/l) or Hb (g/dl) or Hct (%))
  
▶ Only one decimal place is allowed
  
▶ Please use no more than 2 digits before the decimal point / decimal comma

Hb (mmol/l) 
  
Hb (g/dl) 
  
Hct (%)

Resume later
<< Previous
Next >>
[Exit and clear survey]

## 9.9 Perfusion II-Fragebogen

Conduct of Perfusion II

0% ☐ 100%

Conduct of Perfusion II


1. Please specify your minimum duration of circulatory arrest (confined to either left or right side):

▶ Please base your statement on data from the year 2009 (January 1 to December 31, 2009)
  
▶ Please use whole numbers only
  
▶ The maximum number of digits allowed is 2

minutes
  
Only numbers may be entered in this field

Resume later
<< Previous
Next >>
[Exit and clear survey]

Conduct of Perfusion II

0%  100%

Conduct of Perfusion II

2. Please specify your maximum duration of circulatory arrest (confined to either left or right side):

- Please base your statement on data from the year 2009 (January 1 to December 31, 2009)
- Please use whole numbers only
- The maximum number of digits allowed is 3

minutes

Only numbers may be entered in this field

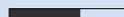
Resume later

<< Previous

Next >>

[Exit and clear survey]

Conduct of Perfusion II

0%  100%

Conduct of Perfusion II

3. Please specify your total duration of circulatory arrest (left and right lung; sum of individual arrests) independent from the number of circulatory arrests:

- Please base your statement on data from the year 2009 (January 1 to December 31, 2009)
- If necessary, please use no more than one decimal place

Minimum	<input type="text"/>	minutes
1 <sup>st</sup> Quartile	<input type="text"/>	minutes
Median	<input type="text"/>	minutes
3 <sup>rd</sup> Quartile	<input type="text"/>	minutes
Maximum	<input type="text"/>	minutes
Arithmetic mean	<input type="text"/>	minutes
Standard deviation (+/-)	<input type="text"/>	minutes

Resume later

<< Previous

Next >>

[Exit and clear survey]

## 10 Publikationsverzeichnis

Scheffler, M.; Wolff, M.; Striegl, N.; Weigand, M.; Roth, P.; Gehron, J.; Welters, I.; Boedeker, R.; Herrmann, J.; Mayer, E.: Anesthesia for Pulmonary Endarterectomy (PEA): Preliminary Results from the 2009-2011 International Pulmonary Endarterectomy Survey. Poster präsentiert anlässlich des 34<sup>th</sup> Annual Meeting of the Society of Cardiovascular Anesthesiologists 2012, Boston/Massachusetts, USA

Scheffler, M.; Wolff, M.; Striegl, N.; Weigand, M.; Roth, P.; Gehron, J.; Welters, I.; Boedeker, R.; Herrmann, J.; Mayer, E.: The 2009-2011 International Pulmonary Endarterectomy (PEA) Survey: Update, Preliminary Results, Outlook. Poster präsentiert anlässlich der "International scientific and educational conference in CTEPH (Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension)" 2011 in Cambridge, Großbritannien

Scheffler, M.: Int. Survey perioperative management. Kongressvortrag anlässlich der "International CTEPH Conference" der International CTEPH Association (ICC) 2014 in Paris, Frankreich

Eingereichte Publikation:

Stanzel, R.; Gehron, J.; Wolff, M.; Striegl, N.; Roth, P.; Boedeker, R.; Scheibelhut, C.; Herrmann, J.; Welters, I.; Mayer, E.; Scheffler, M.: Pulmonary Endarterectomy Surgery for Chronic Thromboembolic Hypertension: Results from the 'International Pulmonary Endarterectomy Survey'. In: *Perfusion*

## 11 Ehrenwörtliche Erklärung

„Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne unzulässige Hilfe oder Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nichtveröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten sowie ethische, datenschutzrechtliche und tierschutzrechtliche Grundsätze befolgt. Ich versichere, dass Dritte von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen, oder habe diese nachstehend spezifiziert. Die vorgelegte Arbeit wurde weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde zum Zweck einer Promotion oder eines anderen Prüfungsverfahrens vorgelegt. Alles aus anderen Quellen und von anderen Personen übernommene Material, das in der Arbeit verwendet wurde oder auf das direkt Bezug genommen wird, wurde als solches kenntlich gemacht. Insbesondere wurden alle Personen genannt, die direkt und indirekt an der Entstehung der vorliegenden Arbeit beteiligt waren. Mit der Überprüfung meiner Arbeit durch eine Plagiatserkennungssoftware bzw. ein internetbasiertes Softwareprogramm erkläre ich mich einverstanden.“

---

Ort, Datum

---

Unterschrift

## 12 Danksagung

Zunächst möchte ich mich herzlich bei Herrn Prof. Dr. Weigand für die Überlassung des Themas dieser Arbeit bedanken. Auch gilt mein größter Dank Herrn Prof. Dr. Wolff, welcher nach dem Weggang von Prof. Dr. Weigand ohne Zögern die weitere Betreuung der Arbeit übernahm und auf den letzten Schritten der Arbeit mit guten Ratschlägen zur Seite stand.

Mein besonderer Dank gilt meinem Betreuer Herrn Dr. Scheffler, welcher trotz räumlicher Distanz stets an meiner Seite war und mich kontinuierlich in meiner Arbeit unterstützte. Worte können meine Dankbarkeit für alle Stunden der Korrektur und der Motivation nicht genug ausdrücken.

Herrn Dr. Johannes Herrmann sowie der medizinischen Statistik der Universität Gießen möchte ich für die fachliche Unterstützung danken.

Auch geht ein großes Dankeschön an alle Mitarbeiter der anästhesiologischen und intensivmedizinischen Klinik sowie der Herz-Thoraxchirurgie des Universitätsklinikums Gießens, welche ebenfalls einen Anteil an dieser Arbeit hatten.

Darüberhinaus danke ich allen Personen, welche mich während dieser Zeit motivierten, unterstützten und die Arbeit gegengelesen haben. Dieser Dank gilt insbesondere meiner Familie, welche mich hierbei über die ganze Zeit begleitete, und meinen kürzlich verstorbenen Großeltern, welche mir ein Vorbild waren und welchen ich diese Arbeit widme.